



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I715601 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 01 月 11 日

(21)申請案號：105122359

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 15 日

(51)Int. Cl. : **H01L33/36 (2010.01)**

(30)優先權：2015/07/17 日本

2015-143411

(71)申請人：日商斯坦雷電氣股份有限公司 (日本) STANLEY ELECTRIC CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：小幡俊之 OBATA, TOSHIYUKI (JP)

(74)代理人：洪澄文

(56)參考文獻：

JP 2006-253647A

JP 2007-189097A

JP 2014-183090A

審查人員：趙芝婷

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：9 共 53 頁

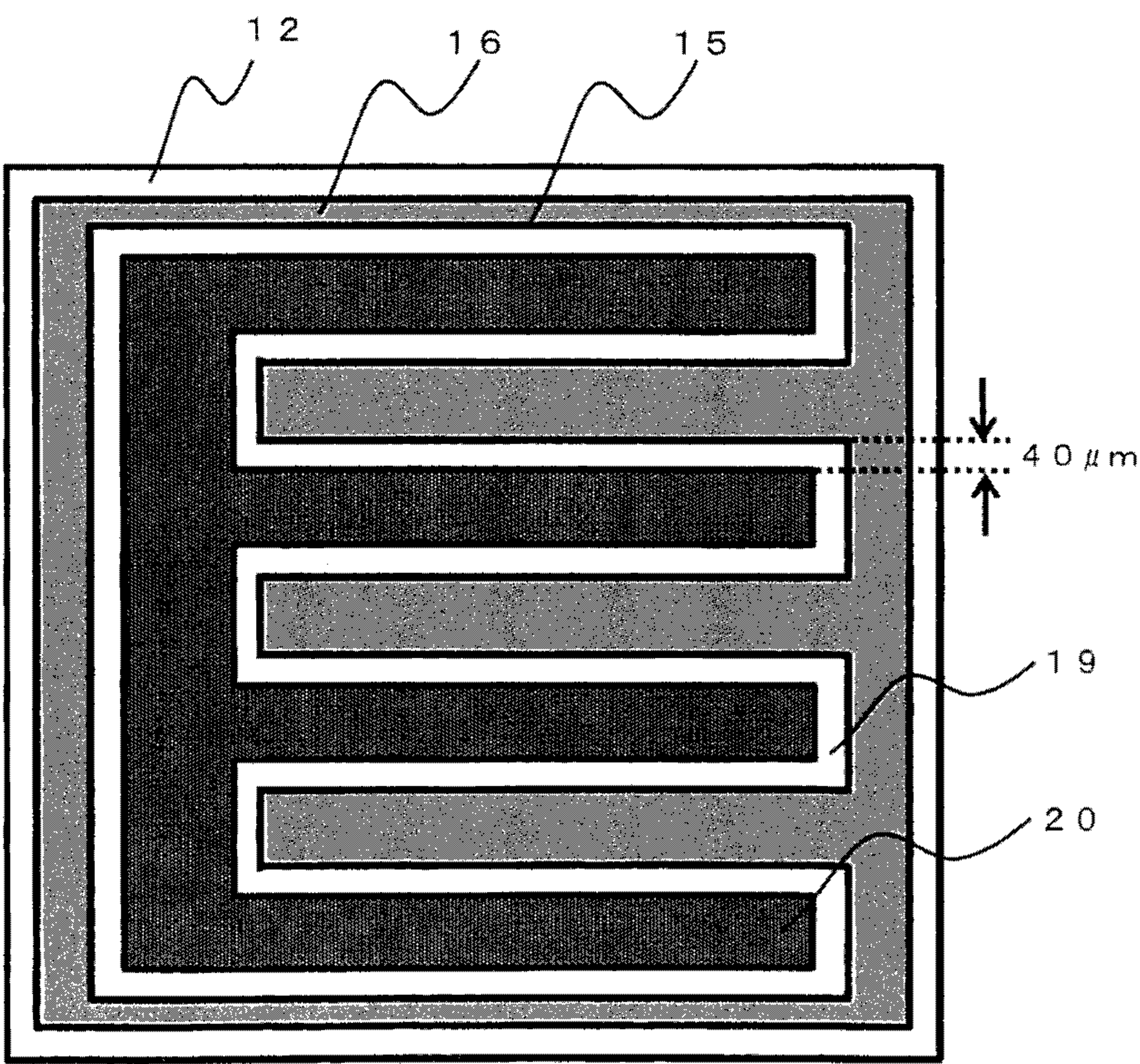
(54)名稱

氮化物半導體發光元件

(57)摘要

本發明提供一種半導體元件，具有台面構造，藉由抑制流過 p 電極與 n 電極之間的電流集中於台面端附近，來抑制發光效率的下降。一種 III 族氮化物半導體元件，在 n 型層與 p 型層之間含有活性層，且具有包含該 p 型層的台面構造，包括：n 電極，形成於該 n 型層上；以及 p 電極，由第一金屬層、導電層及第二金屬層依序積層於該 p 型層上而形成，其中該導電層的比阻抗比該第一金屬層的比阻抗高。

指定代表圖：



第9A圖

- 符號簡單說明：
- 12 . . . n 型層
 - 15 . . . 台面構造
 - 16 . . . n 電極
 - 19 . . . 導電層
 - 20 . . . 第二金屬層

I715601

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】

氮化物半導體發光元件

【中文】

本發明提供一種半導體元件，具有台面構造，藉由抑制流過 p 電極與 n 電極之間的電流集中於台面端附近，來抑制發光效率的下降。一種 III 族氮化物半導體元件，在 n 型層與 p 型層之間含有活性層，且具有包含該 p 型層的台面構造，包括：n 電極，形成於該 n 型層上；以及 p 電極，由第一金屬層、導電層及第二金屬層依序積層於該 p 型層上而形成，其中該導電層的比阻抗比該第一金屬層的比阻抗高。

【英文】

無。

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（9A）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 12 n 型層
- 15 台面構造
- 16 n 電極
- 19 導電層
- 20 第二金屬層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】 (中文/英文)

氮化物半導體發光元件

【技術領域】

【0001】本發明係有關於具有紫外線的發光峰值波長的 III 族氮化物半導體發光元件。特別是，有關於抑制因為發光元件的台面構造端部的電流集中所造成的元件發光效率下降的技術。又，本發明有關於含有該發光元件構造的晶圓。

【先前技術】

【0002】第 8A 圖、第 8B 圖係顯示 III 族氮化物半導體發光元件 41 的典型的概要構造。第 8A 圖是元件的上視圖，第 8B 圖是第 8A 圖的 A-A 線剖面圖。作為 III 族氮化物半導體發光元件 41，有一種在基板 11 的表面側形成包括 n 型層 12、活性層 13 及 p 型層 14 的積層體（以下也會記載為「積層半導體層」），在積層半導體層的一部分形成台面構造 15。在基板 11 的表面側形成包括 n 型層 12、活性層 13 及 p 型層 14 的積層半導體層後，台面構造 15 是透過蝕刻等除去一部分的積層構造使 n 型層 12 的一部分露出來而形成。藉由殘留包括活性層 13 及 p 型層 14 的台地狀的部分（也稱為台面），形成台面構造 15（參照專利文獻 1）。露出的 n 型層 12 的表面形成 n 電極 16，p 型層 14 的表面形成 p 電極 17。

【0003】具有台面構造 15 的 III 族氮化物半導體發光元件 41 中，若施加操作電壓於 p 型層上的 p 電極 17 及 n 型層上的 n 電極

16，電流為了流過 p 電極與 n 電極之間阻抗低的路徑（通常為最短路徑），電流會集中流過靠近 n 電極及 p 電極的台面構造 15 的端部（以下也會記載為「台面端」）附近的領域。結果，電流沒有均一地流過活性層 13，產生發光不均勻，發光效率下降。

【0004】專利文獻 2 揭露一種紫外半導體發光元件，比 p 型層或 p 電極更高阻抗的高阻抗層在 p 型層的表面的靠近 n 電極側形成沿著 p 型層側的形狀。如專利文獻 2，當形成高阻抗層於靠近台面端的 p 型層上時，能夠抑制電流集中於台面端附近的領域。

【0005】專利文獻 3 揭露一種半導體發光元件，在 p 電極與 n 電極之間形成凹溝。藉由形成凹溝，減少流過 p 電極與 n 電極之間的電流路徑的長度的不一致，抑制電流集中於特定的部分。然而，要充分地減小電流路徑的長度不一致，必須要加大凹溝的深度。

【0006】因為近年的裝置設計的多樣化，特種形狀、構造的發光元件被提出來，台面構造、電極形狀的設計也相當多樣化。因此，形成上述的高阻抗層、形成凹溝等的基數會導致發光元件的製造的步驟增加，使製造變得更繁雜，因此要迅速地對應多樣化的台面構造、電極形狀相當困難。

【0007】然後，特別是發光峰值波長在 200～350nm 的深紫外線的發光元件中，因為 n 型層的 Al 組成高，所以 n 型層的比阻抗增大，電流變得容易集中流動在台面端附近的領域，容易導致發光效率的下降。因此，希望能開發出一種能夠抑制因為電流集中造成的發光效率下降的發光元件。

【0008】先行技術文獻

專利文獻 1：特開 2014-96539 號公報

專利文獻 2：特開 2014-96460 號公報

專利文獻 3：特開 2007-134700 號公報

【0009】本發明的目的是提供一種技術，能夠在抑制具有台面構造的半導體元件中的 p 電極與 n 電極之間流動的電流集中於台面端附近的領域，藉此抑制發光效率的下降。

【發明內容】

【0010】本發明人考慮藉由調整 p 電極的構造看能不能夠解決上述問題，認真進行檢討。然後發現當 III 族氮化物半導體元件具有由第一金屬層、導電層、及第二金屬層依序積層形成的 p 電極（以下也記載為「p 型電極構造」），並使該導電層的比阻抗比該第一金屬層的比阻抗高，就能夠解決上述問題，進而完成了本發明。

【0011】也就是，第 1 發明是一種 III 族氮化物半導體元件，在 n 型層與 p 型層之間含有活性層，且具有包含該 p 型層的台面構造，包括：n 電極，形成於該 n 型層上；以及 p 電極，由第一金屬層、導電層及第二金屬層依序積層於該 p 型層上而形成，其中該導電層的比阻抗比該第一金屬層的比阻抗高。

【0012】第 2 發明是第 1 發明中，該導電層的厚度在 $0.05\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下，該導電層的比阻抗在 $0.1\times 10^{-4}\sim 1.0\times 10^{-2}\ \Omega\text{cm}$ 。

【0013】第 3 發明是第 1 或 2 發明中，該第一金屬層是與該 p 型層歐姆接觸的層，並且是由單一或 2 種以上的金屬所構成。

【0014】第 4 發明是第 1 至 3 發明中，該 III 族氮化物半導

體元件的上視圖中，台面端與該第二金屬層的外周之間的距離在擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上。

【0015】第 5 發明是第 1 至 3 發明中，該 III 族氮化物半導體元件的上視圖中，台面端的至少突部與該第二金屬層的外周之間的距離在擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上。

【0016】第 6 發明是第 1 至 3 發明中，該 III 族氮化物半導體元件的上視圖中，台面端與該第二金屬層的外周之間的距離在 $20\ \mu\text{m}$ 以上。

【0017】第 7 發明是第 1 至 3 發明中，該 III 族氮化物半導體元件的上視圖中，台面端的至少突部與該第二金屬層的外周之間的距離在 $20\ \mu\text{m}$ 以上。

【0018】第 8 發明是第 1 至 7 發明中，發光峰值波長在 $200\sim 350\text{nm}$ 的 III 族氮化物半導體發光元件。發光峰值波長在 $200\sim 350\text{nm}$ 的 III 族氮化物半導體發光元件中，n 型層的 Al 組成高，所以 n 型層的比阻抗增大，電流容易集中到台面端，容易導致發光效率下降。因此，適用於本發明的構造。

【0019】第 9 發明是一種晶圓，包括：III 族氮化物半導體元件的構造，該 III 族氮化物半導體元件在 n 型層與 p 型層之間含有活性層，且具有包含該 p 型層的台面構造，該 III 族氮化物半導體元件的構造是第 1 至 7 發明的構造。

【0020】第 10 發明是一種晶圓，包括：III 族氮化物半導體發光元件的構造，該 III 族氮化物半導體發光元件在 n 型層與 p 型層之間含有活性層，且具有包含該 p 型層的台面構造，該 III 族氮化物半導體發光元件的構造是第 8 發明的構造。

【0021】本發明中，III族氮化物半導體元件具有由第一金屬層、導電層及第二金屬層依序積層於p型層上而成的p電極，將該導電層的比阻抗做得比該第一金屬層的比阻抗高，抑制流過p電極與n電極之間的電流集中到台面端附近。結果，能過獲得一種III族氮化物半導體元件，電流容易均一地流到活性層，抑制發光不均，抑制發光效率的降低。

【0022】又，本發明中，構成p電極的p型電極構造30中，該第一金屬層及該導電層形成於台面部的積層面全面，關於該第二金屬層的形成，從上視觀看III族氮化物半導體元件的情況下，能夠將台面端與該第二金屬層的外周之間的距離設定在既定值以上。藉由將台面端與該第二金屬層的外周之間的距離設定在既定值以上，能夠更佳抑制流過p電極與n電極之間的電流集中於台面端附近，能夠抑制發光效率的下降。

【0023】又，本發明中，能夠在全部的台面端，都將台面端與該第二金屬層的外周之間的距離設定在既定值以上。藉由在全部的台面端，都將台面端與該第二金屬層的外周之間的距離設定在既定值以上。能夠更進一步抑制電流集中。

【0024】又，本發明中，能夠將台面端的一部分與該第二金屬層的外周之間的距離設定在既定值以上。在全部的台面端，都將台面端與該第二金屬層的外周之間的距離設定在既定值以上的話，第二金屬層的面積變小，流過p電極與n電極之間的電流的阻抗值增大，操作電壓變大。藉由將台面端的一部分與該第二金屬層的外周之間的距離設定在既定值以上，能夠形成較廣的第二金屬層，能夠抑制流過p電極與n電極之間的

電流的阻抗值增大，抑制操作電壓增大。

【0025】從進一步抑制操作電壓增大的觀點來看，本發明中，能夠將台面端的至少突部與該第二金屬層的外周之間的距離設定在既定值以上。藉由將台面端的至少突部與該第二金屬層的外周之間的距離設定在既定值以上，能夠抑制操作電壓增大，抑制流過 p 電極與 n 電極之間的電流集中於台面端附近。結果，能夠更抑制發光效率的下降，減低品質不良的產生。

【0026】特別是，具有發光峰值波長在 200~350nm 的紫外線發光元件中，比起超過 350nm 的發光峰值波長的發光元件（例如可見光領域的發光元件），因為 n 型層的 Al 組成較高所以 n 型層的比阻抗增大，電流容易集中於台面端附近的領域，容易導致發光效率下降。因此，本發明的構造適用於具有發光峰值波長在 200~350nm 的紫外線發光元件。

【圖式簡單說明】

【0027】

第 1 圖係顯示本發明的 III 族氮化物半導體元件的剖面圖。

第 2A 圖係顯示從上視圖觀看的 III 族氮化物半導體元件的例子。

第 2B 圖係顯示從上視圖觀看的 III 族氮化物半導體元件的例子。

第 2C 圖係顯示從上視圖觀看的 III 族氮化物半導體元件的例子。

第 2D 圖係顯示從上視圖觀看的 III 族氮化物半導體元件的例子。

第 2E 圖係顯示從上視圖觀看的 III 族氮化物半導體元件的例子。

第 2F 圖係顯示從上視圖觀看的 III 族氮化物半導體元件的例子。

第 2G 圖係顯示從上視圖觀看的 III 族氮化物半導體元件的例子。

第 3 圖係顯示使用定義圓的「台面端的突部」的判定方法手法。

第 4 圖係顯示各種台面端的形狀。

第 5A 圖係顯示決定第二金屬層限制領域的手法。

第 5B 圖係顯示決定第二金屬層限制領域的手法。

第 6 圖係顯示元件的台面端與第二金屬層的位置關係。

第 7A 圖係顯示台面端與第二金屬層的位置關係的例子。

第 7B 圖係顯示台面端與第二金屬層的位置關係的例子。

第 8A 圖係顯示從上視圖觀看的典型的 III 族氮化物半導體發光元件的例子。

第 8B 圖係顯示典型的 III 族氮化物半導體發光元件的剖面圖。

第 9A 圖係顯示實施例 1~3 中從上視圖觀看的 III 族氮化物半導體發光元件。

第 9B 圖係顯示實施例 4 中從上視圖觀看的 III 族氮化物半導體發光元件。

【實施方式】

【0028】以下，參照適合的圖式說明本發明的實施型態。

然而，以下說明的半導體元件是將本發明的技術思想具體化的一例，但並不限定本發明。例如，以下記載的構成要素的尺寸、材質、形狀、及相對的配置等只要沒有特定的記載，就沒有將本發明的範圍就沒有限定於那些例子，只不過是單純的說明例。另外，圖示的構件的大小或位置關係等有時會為了使說明明確而誇張化。

【0029】本發明的 III 族氮化物半導體發光元件放出的光的發光領域並沒有特別的限制。根據本發明，與發光的領域無關，能夠抑制在台面構造局部的電流集中所造成的發光效率的下降。較佳的是，本發明適用於在可見光領域、或者是紫外線領域中具有發光峰值波長的 III 族氮化物半導體元件。更佳的是，本發明適用於放出發光峰值波長 200~350nm 的紫外線的 III 族氮化物半導體元件。以下，以發光峰值波長為 200~350nm 的 III 族氮化物半導體元件為主來說明。

【0030】本發明的 III 族氮化物半導體元件 40 如第 1 圖所示，包括基板 11、含有 n 型層 12、活性層 13 及 p 型層 14 的台面構造 15（積層半導體層）、n 電極 16、p 電極 17。構成 p 電極 17 的 p 型電極構造 30 是由第一金屬層 18、導電層 19 及第二金屬層 20 所組成。以下，說明它們的非限定例。

【0031】所謂「台面端」是指台面構造 15 的輪廓，台面構造的上視圖的端部，以 p 型層 14 的外周（也就是輪廓）來表示。台面構造是將積層半導體層幾乎垂直蝕刻而形成，但不需要完全地垂直，可以從台面構造上部朝向下部形成梯形狀。台面構造上部的面積比台面構造下部的面積小的情況下，梯形部可藉

由上視圖來觀察。當台面構造上部的面積比台面構造下部的面積大的情況下，梯形部形成突出狀，因此從上視圖難以觀察。

【0032】以下的說明中，台面端是指上視圖中的台面構造 15 的端部，定義成位於台面構造的最上層的 p 型層 14 的外周（也就是輪廓），不包含梯形部。

【0033】又，折射率、透過率及反射率是以波長 265nm 的光為基準。這是因為 DNA 在波長 265nm 附近具有極大吸收，所以波長 265nm 的光最適合殺菌，在產業上利用的價值高。以下，單純假設折射率、透過率及反射率的情況下，會是波長 265nm 的光下的值。

<基板>

【0034】基板 11 只要是 III 族氮化物半導體結晶能夠磊晶成長於表面並且使紫外線透過的基板的話，並沒有特別的限制。使用於基板 11 的材料可舉出藍寶石、SiC（碳化矽）、AlN（氮化鋁）、Si（矽）等。在其中以 c 面為主面的 AlN 單晶基板為佳。

【0035】基板 11 對於波長 265nm 的光的透過率越高越好，較佳的是 50%以上，更佳的是 60%以上。基板 11 的透過率上限較佳的是 100%，但考慮工業上的生產的話，上限為 80%。基板的透過率能夠藉由材質、基板的厚度、結晶性、不純物含有量來調整。

【0036】基板 11 的厚度並沒有特別限制，較佳為 30～1500 μm ，更佳為 50～1000 μm 。藉由將基板 11 的厚度設定在上述範圍，透過率提升，且生產率提升。基板 11 的厚度在 III 族氮化物半導體元件製造後滿足上述範圍的話即可，也可以在基板

上積層後述的積層半導體層及電極後，藉由研削或研磨該基板的下面使基板的厚度在上述範圍內。

<積層半導體層>

【0037】積層半導體層（第 1 圖中包含台面構造 15 的元件的主要部）如第 1 圖所示形成於基板 11 上，按照 n 型層 12、活性層 13 及 p 型層 14（p 型覆蓋層及 p 型接觸層組成的層）的順序積層。各層將用以下的非限定例子來說明。

<n 型層>

【0038】n 型層 12 是以 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$ （ x 、 y 、 z 是滿足 $0 < x \leq 1.0$ ， $0 \leq y \leq 0.1$ ， $0 \leq z < 1.0$ 的有理數， $x+y+z=1.0$ ）構成的 III 族氮化物半導體，較佳的是含有不純物。

【0039】不純物並沒有特別限定，但例如 Si、Ge、Sn 等。其中以 Si、Ge 為佳。不純物的濃度在 $1.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上 $5.0 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以下，較佳的是 $1.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上 $5.0 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下。藉由將不純物的濃度設定在上述範圍，提升 n 型層的結晶性及接觸特性。這種 n 型層能夠以 MOCVD 法製造。

【0040】n 型層的折射率並沒有特別限制，這裡是 1.5～3.0。折射率可藉由 n 型層的組成等來調整。

【0041】n 型層的厚度在 100nm 以上 10000nm 以下，較佳的是 500nm 以上 3000nm 以下。藉由將 n 型層的厚度設定在上述範圍，n 型層的結晶性及導電性提升。

【0042】另外，第 1 圖雖未圖示，但 III 族氮化物半導體元件 40 在基板 11 與 n 型層 12 之間，可以具有緩衝層，包含有 AlN、或是與上述 n 型層相同或類似組成的 III 族氮化物半導體。

<活性層>

【0043】活性層 13 是由 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$ (x 、 y 、 z 是滿足 $0 < x \leq 1.0$ ， $0 \leq y \leq 0.1$ ， $0 \leq z < 1.0$ 的有理數， $x+y+z=1.0$) 構成的井層、以及比上述井層的帶隙能量大的 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$ (x 、 y 、 z 是滿足 $0 < x \leq 1.0$ ， $0 \leq y \leq 0.1$ ， $0 \leq z < 1.0$ 的有理數， $x+y+z=1.0$) 構成的障壁層，兩者所積層的構造。活性層可以是多重量子井構造也可以是單一量子井構造。

【0044】井層的厚度在 1nm 以上，較佳在 2nm 以上，上限為 100nm。障壁層的厚度在 1nm 以上，較佳在 2nm 以上，上限為 $1\mu\text{m}$ 。這種活性層能夠以 MOCVD 法來製造。

<p 型層>

【0045】p 型層 14 是 p 型覆蓋層及 p 型接觸層所構成。p 型覆蓋層是以 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$ (x 、 y 、 z 是滿足 $0 < x \leq 1.0$ ， $0 \leq y \leq 0.1$ ， $0 \leq z < 1.0$ 的有理數， $x+y+z=1.0$) 構成的 III 族氮化物半導體，較佳的是含有不純物。

【0046】p 型覆蓋層的不純物較佳的是 Mg。p 型覆蓋層的不純物的濃度在 $1.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上 $5.0 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以下，較佳的是 $1.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上 $5.0 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以下。p 型覆蓋層的厚度在 5nm 以上 100nm 以下，較佳的是 10nm 以上 80nm 以下。

【0047】p 型接觸層是以 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$ (x 、 y 、 z 是滿足 $0 \leq x < 1.0$ ， $0 \leq y \leq 0.1$ ， $0 < z \leq 1.0$ 的有理數， $x+y+z=1.0$) 構成的 III 族氮化物半導體，較佳的是 p 型接觸層是以 GaN 構成。p 型接觸層以 GaN 構成的話，也就是 p-GaN 層的話，能夠提升 p 型接觸層的接觸特性。又，p 型接觸層較佳的是含有不純物。

【0048】p 型接觸層的不純物與 p 型覆蓋層同樣較佳的是 Mg。p 型接觸層的不純物的濃度在 $1.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上 $5.0 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以下，較佳的是 $1.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上 $5.0 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以下。p 型接觸層的厚度在 1nm 以上 200nm 以下，較佳的是 5nm 以上 50nm 以下。藉由將 p 型接觸層的厚度設定在上述範圍，能夠提升 p 型層的接觸特性。

<n 電極>

【0049】n 電極 16 形成於 n 型層 12 的露出面。n 型層的露出面是藉由蝕刻等手段形成。藉由 n 型層的露出面形成，積體半導體層殘留台地狀，形成台面構造 15。n 型層上的 n 電極在台面構造的低地部，沿著台面構造的下端形成，但也可與台面構造的底部有些距離，形成台面構造 15 與 n 電極 16 之間有 n 型層 12 露出的構造。

【0050】III 族氮化物半導體元件 40 的上視圖中，n 電極 16 可以沿著台面端包圍全部的 p 電極 17，n 電極也可以只包圍一部分的 p 電極。又，也可以形成 p 電極包圍 n 電極的構造。

【0051】蝕刻手法能夠舉出例如反應性離子蝕刻、感應結合電漿蝕刻等的乾蝕刻。n 型層 12 的露出面形成後，為了除去蝕刻的損傷，較佳的是用酸或鹼的溶液對露出面做表面處理。之後，形成具有歐姆特性的 n 電極 16 於 n 型層的露出面。

【0052】n 電極的圖樣化能夠使用掀離法來實施。掀離法中，將光阻塗布於要形成電極的面，以具備光罩的 UV 曝光機照射紫外線，浸漬於顯像液使感光的光阻溶解以形成希望的圖樣，之後將電極金屬堆積於圖樣化的光阻上，以剝離液溶解光阻，形成電

極金屬的圖樣。又，其他的圖樣化的手法也有形成電極金屬膜於電極形成面，塗布光阻後，經過曝光顯影步驟使光阻圖樣化，將光阻作為光罩以乾蝕刻或濕蝕刻將電極金屬圖樣化，以剝離液溶解光阻。剝離法因為步驟相對容易所以較為合適。

【0053】堆積 n 電極金屬的手法例如真空蒸鍍、濺鍍、化學氣相成長法等。特別是因為能夠排除電極金屬中的不純物，所以真空蒸鍍較佳。使用於 n 電極的材料能夠從公知的材料中選擇。例如 Ti、Al、Rh、Cr、In、Ni、Pt 及 Au 等。其中以 Ti、Al、Rh、Cr、Ni 及 Au 為佳。特別是 Ti、Al 及 Au 的組合能夠提升歐姆特性及反射率所以較為合適。n 電極可以是包含這些金屬的合金或氧化物的單層、或者是多層構造。

【0054】n 電極的厚度並沒有特別限制，但考量生產穩定性的話較佳的是 2nm 以上，上限為 2 μ m。

【0055】如第 2 圖中各圖所示，n 電極的圖樣並沒有特別限定，可以形成沿著台面端包圍全部的台面構造 15（第 2A～2F 圖），n 電極也可以只包圍一部分的台面構造 15（第 2G 圖）。又，n 電極也包圍 p 電極形成（第 2A～2F、2G 圖），相反地 p 電極也可以包圍 n 電極形成（第 2F 圖）。

【0056】如第 2F 圖所示，n 電極具有線狀部分的情況下，n 電極的寬度並沒有特別限定，但通常是 5～100 μ m 左右，較佳的是 10～50 μ m。N 電極的寬度也可以不一樣。例如，可以混合寬度窄的部分與寬度寬的部分。這個情況下，n 電極的平均寬度在上述範圍內即可。

【0057】為了提升與 n 型層的接觸性，較佳的是堆積 n 電

極金屬後，以 $300^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$ 的溫度進行 30 秒 $\sim$ 3 分鐘的熱處理。熱處理的溫度、時間能夠因應 n 電極的金屬種類、層厚來選擇最適合的條件。

<p 電極>

【0058】本發明的 p 電極 17 是由 p 型電極構造 30 組成。p 型電極構造 30 中，第一金屬層 18、導電層 19、第二金屬層 20 按照順序積層。根據本發明人的檢討，發現 III 族氮化物半導體元件的 p 電極 17 是具有由第一金屬層 18、導電層 19、第二金屬層 20 按照順序積層而成的 p 型電極構造 30，能夠藉此抑制電流集中，抑制發光效率的下降。

【0059】具有台面構造的 III 族氮化物半導體元件中，使用接觸阻抗低的 p 電極的情況下，當施加操作電壓於 p 電極及 n 電極時，電流會流過 p 電極與 n 電極之間阻抗低的路徑（通常是最短路徑），因此電流會集中於接近 n 電極及 p 電極的台面端附近的領域。

【0060】具有由本發明的 p 型電極構造 30 組成的 p 電極 17 的 III 族氮化物半導體元件中，施加操作電壓時，假設電流在構成 p 電極的 p 型電極構造中會流過第二金屬層 20 與第一金屬層 18 之間抵抗低的路徑。位於第二金屬層 20 正下的導電層 19 比位於導電層正下的第一金屬層 18 的比阻抗高，因此電流在導電層內以最短路徑導通並流過第一金屬層 18 的傾向變強。也就是，藉由將比阻抗高的導電層 19 設置於第二金屬層 20 與第一金屬層 18 之間，能夠抑制電流集中於台面端附近的領域，結果電流不會局部集中而會流過整個積層半導體層。

【0061】又，第一金屬層 18 是為了與位於正下的 p 型層 14 歐姆接觸而形成，因此操作電壓不會過度增大。

【0062】又，本發明中，藉由提高導電層 19 的比阻抗，導電層 19 的比阻抗值變得接近 n 型層 12 的比阻抗值。結果，n 型層 12 的擴散長度 L_s 的值變大，n 型層內的電子的擴散距離增大，抑制電流及終於 n 型層的台面端附近。也就是，藉由比阻抗高的導電層 19，電流不會局部集中而流到活性層 13，抑制發光效率的下降。

【0063】因此，根據本發明，能夠抑制上述 p 型電極構造 30 中的電流局部集中。結果，抑制流過 p 型電極構造 30 組成的 p 電極 17 與 n 電極 16 之間的電流集中於台面端部分近的領域，能夠抑制發光效率下降。

【0064】以下說明形成這種 p 型電極構造 30 的第一金屬層 18、導電層 19 及第二金屬層 20。

<第一金屬層>

【0065】第一金屬層 18 形成與 p 型層 14 歐姆接觸。

【0066】第一金屬層 18 所使用的金屬材料較佳的是 Ni、Au、Pt、Pd、Ru、Os、Rh、Ir、Ag，更佳的是 Ni、Au、Pt、Pd。在這之中，能夠選擇比構成下述的導電層 19 的材料的比阻抗更低的材料。第一金屬層中，可以使用這些金屬的單一者，也可以使用 2 種以上的組合。又，第一金屬層 18 也可以是包含這些金屬的合金或氧化物的單層、或者是多層構造。

【0067】第一金屬層 18 的比阻抗較佳的是 $1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$ ，更佳的是 $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$ 。第一金屬層 18 的比阻

抗會比後述的導電層 19 的比阻抗低。

【0068】第一金屬層 18 的厚度從生產性的觀點來看，較佳的是 1nm 以上 200nm 以下，更佳的是 2nm 以上 100nm 以下。

【0069】第一金屬層 18 的圖樣化與 n 電極的圖樣化相同，使用掀離法來實施為佳。第一金屬層 18 的形狀、大小與台面構造 15 相似。第一金屬層 18 可以形成比台面構造 15 略小的相似形狀。較佳的是第一金屬層 18 形成於 p 型層的積層面全面。

【0070】堆積第一金屬層 18 的方法與 n 電極的形成方法相同，可舉出例如真空蒸鍍、濺鍍、化學氣相成長法等。特別是，能夠排除電極金屬中的不純物的真空蒸鍍為佳。為了提高與 p 型層之間的接觸性，較佳的是，堆積金屬後，以 200℃～800℃ 的溫度實施 30 秒～3 分鐘的熱處理。熱處理的溫度、時間能夠因應第一金屬層的金屬種類、厚度，適當選擇最合適的條件。

<導電層>

【0071】導電層 19 形成於第一金屬層上。

【0072】導電層 19 所使用的材料較佳的是 ZnO、ZnO 中摻雜 Al（以下簡單以 AZO 表示）、SnO₂ 中摻雜 Sb（以下簡單以 ATO 表示）、ZnO 中摻雜 Ge（以下簡單以 GZO 表示）、Zn_{1-x}Mg_xO、SnO₂、RuO₂、PdO、Bi₂Ru₂O₇、Bi₂Ir₂O₇、ITO（Indium-Tin Oxide）等的氧化物導電體、Ge、Si、Ti，更佳的是 ZnO、AZO、ITO、ATO、GZO、Ge、Si、Ti。

【0073】導電層 19 的比阻抗較佳的是 $0.1 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ ，更佳的是 $0.5 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 。導電層 19 的比阻抗比第一金屬層 18 的比阻抗高。

【0074】本發明中，為了抑制流過導電層的電流集中於台面端附近的領域，並更顯著地發揮抑制操作電壓過度增大的效果，導電層 19 的比阻抗設定為第一金屬層 18 的比阻抗的 2～1000 倍為佳，4～1000 倍更加，4～500 倍又更佳，4～100 倍特別佳。

【0075】導電層 19 的厚度較佳的是 $0.05\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下，更佳的是 $0.05\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下。導電層的厚度如果過大，操作電壓可能會增大，導電層的厚度如果過小，電流可能變得難在導電層內擴展，而無法有效地抑制電流集中於台面端附近的領域。

【0076】導電層 19 的形狀、大小與台面構造 15 相似。導電層 19 可以形成比台面構造 15 略小的相似形狀。較佳的是導電層 19 形成於第一金屬層的積層面全面。導電層是藉由真空蒸鍍、濺鍍法、MBE 法等形式。

<第二金屬層>

【0077】第二金屬層 20 形成於導電層上。

【0078】第二金屬層 20 所使用的金屬材料較佳的是 Ti、Ni、Pt、Au、Mo、W，更佳的是 Ti、Ni、Pt、Au。第二金屬層中，可以使用這些金屬的單一者，也可以使用 2 種以上的組合。又，第二金屬層 20 也可以是包含這些金屬的合金或氧化物的單層、或者是多層構造。

【0079】第二金屬層 20 的比阻抗並沒有特別限制，通常金屬的比阻抗會比使用於上述導電層的材料比阻抗小。其中，為了發揮優秀的效果，第二金屬層 20 的比阻抗在 $1.0 \times 10^{-6}\ \Omega\text{cm}$

以上 $5.0 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$ 以下為佳，在 $2.0 \times 10^{-6} \Omega \text{ cm}$ 以上 $5.0 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$ 更佳。

【0080】第二金屬層 20 的厚度較佳的是 $0.05 \mu \text{ m}$ 以上 $10 \mu \text{ m}$ 以下，更佳的是 $0.10 \mu \text{ m}$ 以上 $7 \mu \text{ m}$ 以下。第二金屬層的厚度如果過大的話，第二金屬層 20 的內部產生的應力變大，可能使第二金屬層變得容易剝落。第二金屬層的厚度如果過小的話，可能會讓放熱性降低，又作為半導體元件使用時銲錫變得容易擴散。

【0081】第二金屬層 20 的圖樣化與 n 電極的圖樣化相同，使用掀離法來實施為佳。又，堆積第二金屬層 20 的方法與 n 電極的形成方法相同，可舉出例如真空蒸鍍、濺鍍、化學氣相成長法等。特別是，能夠排除電極金屬中的不純物的真空蒸鍍為佳。

【0082】第二金屬層 20 的形狀、大小可與台面構造 15 相似也可以與台面構造完全不同。本發明的實施型態中，p 型電極構造 30 之中，能夠根據與台面構造 15 的形狀關聯的既定的指針，來設定第二金屬層 20 的形成位置。藉此，能夠更進一步抑制電流往台面端集中。

【0083】第二金屬層 20 的形狀沒有特別限定，但能夠形成比台面構造 15 稍小的相似形。在這個情況下，第二金屬層 20 的形狀可以是與第 2A 圖所示的台面構造 15 幾乎相似的矩形、第 2B、C 圖所示的十字狀、第 2D～2G 圖所示的梳狀。第二金屬層的寬度並沒有特別限定，但如果是類似第 2B～2G 圖所示的凸狀構造 15 的形狀的話，通常為 $5 \sim 100 \mu \text{ m}$ 左右，較佳的是 $10 \sim 50 \mu \text{ m}$ 。第二金屬層的寬度也可以不同。例如，可以混

合寬度窄的部分與寬度寬的部分。在這個情況下，第二金屬層的平均寬度在上述範圍內即可。

<第二金屬層的形成圖樣>

【0084】如第 8 圖所示，習知的 III 族氮化物半導體發光元件 41 中，p 電極 17 在位於台地狀的台面構造 15 的上部的 p 型層 14 上，形成與台面構造 15 幾乎相似的形狀。n 電極 16 從台面構造 15 來看是形成於下方的低地部。n 電極 16 與 p 電極 17 之間的導通是以阻抗低的路徑優先，因此電流容易集中在 n 電極與 p 電極之間的最短距離的台面構造 15 的端部附近的領域。

【0085】本發明的 III 族氮化物半導體元件 40 為了抑制台面端的電流集中，具有第一金屬層 18、導電層 19 及第二金屬層 20 依序積層而成的 p 電極 17。又，本發明的實施型態中，第一金屬層 18 及導電層 19 形成於台面部的積層面全面。關於第二金屬層 20 的形成，為了抑制台面端的電流集中，能夠在台面端與第二金屬層 20 之間設置一定以上的距離。

【0086】也就是說，本發明的實施型態中，從上視圖觀看 III 族氮化物半導體元件的情況下，台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離能夠設定在擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上。台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離是指上視圖中，從任意選擇的台面端到達第二金屬層 20 的外周的輪廓的最短路徑的長度。藉由將台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離設定在擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上，能夠抑制台面端附近的電流集中，使電流變得容易均一地流入活性層，抑制發光不均勻，抑制發光效率的降低。

【0087】本發明的實施型態中，台面端與上述第二金屬層

的外周之間的距離是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上為佳，更佳的是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上且擴散長度 L_s 的 1.2 倍以下，又更佳的是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上且擴散長度 L_s 的 1.0 倍以下。

【0088】又，本發明的實施型態中，可以是全部的台面端位置的台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上。藉由將全部的台面端位置的台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離設定在擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上，能夠更進一步抑制台面端附近的電流集中，使電流變得容易均一地流入活性層，抑制發光不均勻，抑制發光效率的降低。

【0089】本發明的實施型態中，全部的台面端位置的台面端與上述第二金屬層的外周之間的距離是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上為佳，更佳的是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上且擴散長度 L_s 的 1.2 倍以下，又更佳的是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上且擴散長度 L_s 的 1.0 倍以下。

【0090】又，本發明的實施型態中，能夠將一部分的台面端與上述第二金屬層的外周之間的距離設定為擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上。假設將全部的台面端位置的台面端與上述第二金屬層的外周之間的距離設定為擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上，可能使第二金屬層的面積變小，p 電極 17 與 n 電極 16 之間流過的電流的阻抗值增大，操作電壓增大。藉由將一部分的台面端與上述第二金屬層的外周之間的距離設定為擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上，能夠形成較廣的第二金屬層 20，抑制 p 電極 17 與 n 電極 16 之間流過的電流的阻抗值增大，抑制操作電壓增大。

【0091】本發明的實施型態中，一部分的台面端與上述第二

金屬層的外周之間的距離是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上為佳，更佳的是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上且擴散長度 L_s 的 1.2 倍以下，又更佳的是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上且擴散長度 L_s 的 1.0 倍以下。

【0092】然後，從更進一步抑制電流集中、抑制操作電壓增大的觀點來看，本發明的實施型態中，能夠使一部分的台面端，特別是在容易發生電流集中的部分，將台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離設定在擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上。

【0093】所謂容易引起電流集中的部分，是指在上視圖中 p 電極突出到 n 電極的形成領域的部分。在這個部分，p 電極 17 被 n 電極 16 圍繞，因此電流容易集中。結果，該部分會發出更強的光，但負荷變大容易劣化。又，在電流集中的部分發出較強光，在其他部分發光較弱，因此產生發光不均，發光效率容易下降。因此，將構成 p 電極的 p 型電極構造中的第二金屬層 20 形成與台面構造幾乎相似的形狀於台面構造 15 上的情況下，至少在台面構造 15 往 n 電極的形成領域突出的部分，也就是在後述的台面端的突部，使台面端與第二金屬層 20 之間的距離在既定值以上的話，從第二金屬層 20 流出的電流不會集中於台面構造端部，能夠流到正下方的導電層。

【0094】因此，具有按照第一金屬層 18、導電層 19 及第二金屬層 20 的順序積層的 p 電極 17 的本發明的 III 族氮化物半導體元件中，至少使台面構造 15 往 n 電極的形成領域突出的部分，也就是台面端的突部，與第二金屬層 20 之間的距離在既定值以上，藉此更進一步抑制操作電壓的增大，且抑制積層半導體層中電流往台面構造端部集中。

【0095】因此，本發明的實施型態中，台面端的至少突部與第二金屬層 20 的外周的距離設定在擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上為佳，更佳的是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上且擴散長度 L_s 的 1.2 倍以下，又更佳的是擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上且擴散長度 L_s 的 1.0 倍以下。另一方面，可以在不容易發生電流集中的部分，使台面端與第二金屬層 20 的外周靠近，在上視圖中，使第二金屬層的外周與 n 電極之間以不滿擴散長度 L_s 的 $1/3$ 的距離靠近。

【0096】擴散長度 L_s 由以下的算式來定義。

$$L_s = \{(\rho_c + \rho_p t_p) t_n / \rho_n\}^{1/2}$$

【0097】在此， ρ_c 是 p 電極/p 型層間以及 n 電極/n 電極層間的接觸阻抗， ρ_p 是 p 型層的比阻抗， ρ_n 是 n 型層的比阻抗， t_p 是 p 型層的厚度， t_n 是 n 型層的厚度。

（接觸阻抗的量測方法）

【0098】接觸阻抗是以 TLM (Transfer Length Method) 法來量測。首先，使用與半導體元件的製造方法相同的方法，形成具有甜甜圈狀的第二金屬層不形成領域的 p 電極圖樣於 p-GaN 層的表面（電極間距離：5、10、20、40、60、80、100 μm ）。使用獲得的電極圖樣，量測各電極間距離的阻抗值，從電極間距離與阻抗值的關係算出 p 電極/p 型層間及 n 電極/n 型層間的接觸阻抗。

（比阻抗的測量方法）

【0099】使用與半導體元件的製造方法相同的方法，在 7mm 邊長的 p-GaN 層、p-AlGaIn 層及 n-AlGaIn 層的表面四個角落，分別形成 4 個具有直徑 1.5mm 的圓形的 p 型電極構造的 p 電極

以及 n 電極。對於獲得的樣本進行霍爾效應測量，藉此算出 p 型層（p-GaN 層、p-AlGaN）及 n 型層（n-AlGaN 層）的比阻抗。

【0100】當對半導體元件通電，電子從 n 型層移動到 p 電極。擴散長度 L_s 是指考慮到電子移動到 p 電極，從靠近台面端側的 n 電極的一端朝向台面端，大部分的電子能夠在 n 型層內擴散的距離。

【0101】即使因為擴散長度 L_s 不受到電極的寬度影響，而將元件小型化、電極細線化的情況下，擴散長度 L_s 還是成為用以抑制電流集中的裝置設計的指標。

【0102】如上所述，本發明的實施型態中，III 族氮化物半導體元件具有第一金屬層 18、導電層 19、第二金屬層 20 依序積層而成的 p 電極 17，並且能夠將台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離設定在擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上，但在本發明提出的目前的技術下，將台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離設定在 $20\ \mu\text{m}$ 以上就足夠了。

【0103】因此，本發明的實施型態中，從更加抑制電流集中的觀點來看，將台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離設定在 $20\ \mu\text{m}$ 以上為佳，更佳的是 $20\sim 80\ \mu\text{m}$ ，又更佳的是 $20\sim 40\ \mu\text{m}$ 。從更進一步抑制電流集中的觀點來看，在全部的台面端的位置，使台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離在 $20\ \mu\text{m}$ 以上為佳，更佳的是 $20\sim 80\ \mu\text{m}$ ，又更佳的是 $20\sim 40\ \mu\text{m}$ 。又，從抑制操作電壓增大的觀點來看，一部分的台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離在 $20\ \mu\text{m}$ 以上為佳，更佳的是 $20\sim 80\ \mu\text{m}$ ，又更佳的是 $20\sim 40\ \mu\text{m}$ 。然後，從抑制電

流集中且更進一步抑制操作電壓增大的觀點來看，台面端的至少突部與第二金屬層 20 的外周之間的距離在 $20\ \mu\text{m}$ 以上為佳，更佳的是 $20\sim 80\ \mu\text{m}$ ，又更佳的是 $20\sim 40\ \mu\text{m}$ 。這個距離在目前（2015 年）的元件設計下是相當充分的值。然而，當元件更加小型化、電極細線化時，也有不能將台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離設定在 $20\ \mu\text{m}$ 以上的情況。在這種情況下，以擴散長度 L_s 為標準來設定台面端與第二金屬層 20 的外周之間的距離即可。

【0104】換言之，本發明的實施型態中，III 族氮化物半導體元件具有第一金屬層 18、導電層 19、第二金屬層 20 依序積層而成的 p 電極 17，並且能夠在台面端與第二金屬層 20 之間設置第二金屬層限制領域，來限制該第二金屬層形成。也就是，本發明的實施型態中，能夠在台面構造的端部附近存在寬度為擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上或 $20\ \mu\text{m}$ 以上的第二金屬層限制領域。

【0105】上述第二金屬層限制領域能夠設置在全部的台面端附近。藉由將上述第二金屬層限制領域設置在全部的台面端附近，能夠更進一步抑制電流集中，電流變得容易均一流過活性層，抑制發光不均，抑制發光效率的降低。

【0106】又，上述第二金屬層限制領域能夠設置在一部分的台面端的附近。若將上述第二金屬層限制領域設置在全部的台面端的附近的話，可能會使第二金屬層的面積縮小，流過 p 電極與 n 電極之間的電流的阻抗提高，操作變壓變高。藉由將上述第二金屬層限制領域設置在一部分的台面端的附近，能夠形成較廣的第二金屬層，抑制流過 p 電極與 n 電極之間的電流

的阻抗值增大，抑制操作電壓的增大。

【0107】又，從抑制電流集中，且更進一步抑制操作電壓的增大的觀點來看，上述第二金屬層限制領域能夠設置在台面端的至少突部附近。也就是說，本發明的實施型態中，在台面端的至少突部的位置，設置寬度為擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上或 $20\ \mu\text{m}$ 以上的第二金屬層限制領域於台面端與第二金屬層 20 之間，藉此能夠抑制操作電壓的增大，又因為電流難以流過這個領域，能夠抑制在這個領域附近的電流集中。

【0108】在此，「台面端的突部」是指上視圖中台面構造 15 的輪廓往 n 電極的形成領域突出的部分。在這個部分形成第二金屬層的話，來自於圍繞這個部分的周圍的 n 電極的電子會集中於形成在該部分的第二金屬層，第二金屬層正下的活性層部分會放出強光，但另一方面在其他部分放出的光變弱，容易產生發光不均。再將上，該部分的第二金屬層正下的積層半導體層容易劣化。

【0109】台面構造 15 的輪廓因應元件設計的電極圖樣而有各式各樣。因此，要給「台面端的突部」單一的定義相當困難。因此，第 2 圖顯示元件的上視圖中的台面構造 15 的輪廓以及 n 電極形成圖樣的非限制的例子，電流容易集中的「台面端的突部」會以虛線的圓來表示。另外，第 2 圖的上視圖中， n 電極 16 與台面構造 15 相接，但也可以如第 1 圖所示，在剖面下，台面構造 15 的端部與 n 電極之間存在有台面構造的梯形部、或露出的 n 型層。又，第二金屬層距離「台面端的突部」既定的距離形成的 III 族氮化物半導體元件中，設置第二金屬層限

制領域，來限制第二金屬層在不滿既定距離的領域內的形成。

【0110】 第 2A 圖顯示上視圖中形成長方形的台面構造 15 的元件構造。這個構造中，長方形的各頂點往 n 電極的形成領域突出，在這個部分形成第二金屬層 20 的話，第二金屬層正下的台面部容易電流集中。第 2B 圖顯示十字狀的台面構造。在這個構造中十字的各頂點也會突出 n 電極的形成領域。第 2C 圖顯示十字狀的頂部帶有圓弧形狀的台面構造 15。這個構造中十字的端部也會突出 n 電極的形成領域。第 2D 圖顯示梳狀的台面構造 15。這個構造中梳狀的各前端或矩形的頂點也會突出 n 電極的形成領域。第 2E 圖是第 2D 圖的變形例，顯示梳背也有梳齒狀的電極延伸的構造。第 2F 圖顯示 n 電極具有線狀部分，且形成 n 電極的梳背也有電極延伸的構造。第 2G 圖顯示形成有圍繞梳狀的台面構造的梳狀的 n 電極的狀態。

【0111】 這些圖示的構造中，第二金屬層的梳的各前端、或矩形的頂部往 n 電極的形成領域突出。本發明的 III 族氮化物半導體元件中，關於具有這些圖示的構造及類似構造的台面構造的 formed 圖樣，形成時可以讓第二金屬層不存在於表示「台面端的突部」的圓的中心至不滿既定距離的領域內。

【0112】 又，「台面端的突部」能夠定義為從上視圖觀看 III 族氮化物半導體元件，周圍有過度的 n 電極存在的台面部。因此，為了要判斷台面端的「某個點」是否是「台面端的突部」，可以考慮該「某個點」的周圍所存在的 n 電極的面積。具體來說，以判斷對象的「某個點」為中心，描繪既定半徑的圓（以下也稱為「定義圓」），存在圓的內部的 n 電極的面積

越大，該「某個點」被 n 電極圍繞的比例就越高。又，相反地，以判斷對象的「某個點」為中心，描繪既定半徑的圓，存在圓的內部的台面部（含有 p 電極）的面積越小，也可以說是該「某個點」被 n 電極圍繞的比例就越高。

【0113】有了這些了解後，為了判斷台面端的「某個點」是否是「台面端的突部」，如第 3 圖所示，以台面端上的「某個點」為中心的既定圓，使用該圓內的台面部（含有 p 電極及 p 型層）的面積、n 電極的面積，提出以下的評價參數。

$$\text{評價參數} = (\text{n 電極面積} / \text{台面構造面積}) \times 100 (\%)$$

【0114】上述的評價參數越大，該「某個點」被 n 電極圍繞的比例越高，就判定為位於「台面端的突部」。

【0115】定義圓的半徑在圓與其他的台面端不相接的程度即可。然而，圓過小的話，台面端與 n 電極之間的梯形部或露出的 n 型層的面積會被過大評價，因此需要一定程度以上的大小的圓。也就是，如果台面端的定義圓過小，在定義圓內，台面部的梯形部的面積或露出的 n 型層的面積會被過大評價，台面部（含有 p 電極）及 n 電極的合計面積相對下降，而無法獲得適當的評價。

【0116】因此，以台面端上的任意的點（判定對象的點）為中心點，畫出逐漸增大半徑 r_n 的圓。圓的半徑小的情況下，梯形部的面積或 n 電極的面積的相對較大，隨著圓變大，它們的相對比變小，就能夠適當地評價台面部（含有 p 電極）及 n 電極的面積。因此，當圓內的台面部（含有 p 電極）及 n 電極的合計面積相對於圓的全面積佔 80%，這個狀態下的圓的半徑

設定為「定義圓」的半徑為佳。另外，定義圓只要不接觸其他的台面端，也能夠再增大定義圓的半徑。

【0117】參照第 3 圖，說明使用定義圓的「台面端的突部」的判定法。以台面端上的某個點為中心畫出定義圓的情況下，定義圓內存在台面部（p 電極）、n 型層、n 電極的領域，在上視圖中也可能觀察到台面構造的梯形部。在這個圓中，從台面部的面積、電極的面積、圓的全面積算出上述的評價參數。第 3 圖中省略了 p 電極。本發明較佳的實施型態中，構成 p 電極 17 的 p 型電極構造 30 中，能夠將第一金屬層 18 及導電層 19 形成與台面部相同形狀，將第二金屬層 20 形成與台面部相同形狀，或比較小一點。

【0118】第 4 圖概要顯示各種輪廓的台面端、n 電極的上視圖。第 4 圖中，露出至電極間的 n 型層及梯形部的面積小，因此圖示省略。又，構成 p 電極的 p 型電極構造中，第一金屬層及導電層形成於與台面部相同的形狀，第二金屬層形成比台面部稍小的相似形狀。也就是，因為 p 電極的面積被算入台面部的面積，所以圖示省略。

【0119】如狀態 A 所示，銳角的台面端突出至 n 電極的形成領域的情況下，定義圓內的台面部的面積小，n 電極的面積大。也就是說，評價參數變大，這個部分的 p 電極及活性層容易發生電流集中。

【0120】如狀態 B 所示，台面端為直角的情況下，定義圓內的台面部的面積也比 n 電極的面積小。也就是說，評價參數會比狀態 A 小，但 n 電極的面積過大，這個部分的 p 電極及活

性層容易發生電流集中。

【0121】如狀態 C 所示，台面構造較細的情況下，定義圓內的台面部的面積比 n 電極的面積小。也就是，n 電極的面積過大，這個部分的 p 電極及活性層容易發生電流集中。

【0122】如狀態 D 所示，台面構造在 n 電極側畫出凸狀的圓弧的情況下，定義圓內的台面部的面積比 n 電極的面積小。也就是，n 電極的面積過大，這個部分的 p 電極及活性層容易發生電流集中。

【0123】如狀態 E 所示，台面構造的輪廓是直線的情況下，定義圓內的台面部的面積與 n 電極的面積幾乎相等。也就是，評價參數幾乎為 100%。這個部分的 p 電極及活性層難以發生電流集中。

【0124】如狀態 F 所示，台面構造圍繞 n 電極的情況下，定義圓內的台面部的面積變得比 n 電極的面積大。也就是說，評價參數不滿 100%。這個部分的 p 電極及活性層比狀態 E 更難以發生電流集中。

【0125】如狀態 G 所示，n 電極形成領域在台面構造側畫出凸狀的圓弧的情況下，定義圓內的台面部的面積變得比 n 電極的面積大。也就是說，評價參數不滿 100%。這個部分的 p 電極及活性層更難以發生電流集中。

【0126】從以上可知，本發明的實施型態中，台面端的至少突部設置有第二金屬層限制領域的情況下，會將定義圓內 n 電極的面積相對於台面部的面積過大的例如狀態 A~D 的台面端的附近設定為第二金屬層限制領域。也就是，將評價參數大

的台面端的附近設定為第二金屬層限制領域。

【0127】因此，本發明中，台面端的至少突部設置有第二金屬限制領域的情況的較佳的實施型態如下所述。以台面端的任意點為中心點畫出定義圓。由定義圓內的各部分面積所計算出來的評價參數超過 100% 的情況下，該定義圓的中心被判定為位於「台面端的突部」。當判定為位於台面端的突部的情況下，該圓的中心與第二金屬層 20 的外周的距離之間的距離成為擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上（絕對距離為 $20\ \mu\text{m}$ 以上）的範圍內設置第二金屬層 20。換言之，圓的中心到不滿擴散長度 L_s 的 $1/3$ （絕對距離不滿 $20\ \mu\text{m}$ ）的範圍會做成第二金屬層限制領域。

【0128】關於上述內容，參照第 5 圖更具體地說明。另外，即使是第 5 圖，因為電極間露出的 n 型層及梯形部的面積小，因此圖示省略。在第 5A 圖的 X 點（矩形的頂點）的定義圓中，評價參數幾乎為 300%。因此，從矩形的頂點的 X 點到不滿擴散長度 L_s 的 $1/3$ （絕對距離不滿 $20\ \mu\text{m}$ ）的範圍不形成第二金屬層。又，在第 5A 圖的 Y 點（與頂點 X 間距離定義圓的半徑的台面端部）的定義圓中，評價參數幾乎為 100%。因此，從 Y 點到半徑為擴散長度 L_s 的 $1/3$ （絕對距離為 $20\ \mu\text{m}$ ）的圓上，成為第二金屬層形成的界線點。在此，將定義圓的半徑設定為擴散長度 L_s 的 $1/3$ 的情況下，如第 5B 圖所示，台面部的輪廓與虛線圍繞的領域成為第二金屬層限制領域。又，也能夠將距離 X 點、Y 點 $20\ \mu\text{m}$ 以上的範圍做成第二金屬層限制領域。

【0129】另外，本發明的實施型態中，全部的上述第二金屬

限制領域中，以不形成第二金屬層為佳，但即使一部分的第二金屬層限制領域形成第二金屬層，只要不足以妨礙本發明的目的也可以容許。特別是，可以在較遠離台面端的部分形成第二金屬層。具體來說，上述第二金屬層限制領域中，限制第二金屬層形成的面積為 90%以上為佳，98%以上更佳，99%以上又更佳。

【0130】上述記載中，評價參數的下限設定為 100%，但這些下限值能夠因應積體半導體層（台面構造部）的材質、元件的動作環境、對元件的要求而適當地設定。

【0131】例如，能夠降低容許的評價參數的下限值，擴大第二金屬層限制領域。在這個情況下，評價參數可以在 80%以上，也可以在 60%以上。藉此，在元件的材質容易受到劣化、動作環境嚴苛的情況下，也能夠確實地抑制電流往台面部集中。然而，這個情況下，第二金屬層與 n 電極之間的平均長度變長，因此也會有元件的操作電壓上升的情況。

【0132】因此，想要更抑制操作電壓的上升的情況下，可以提高評價參數的下限值，縮窄第二金屬層限制領域。在這個情況下，評價參數可以在 120%以上，也可以在 140%以上。

【0133】另外，設定適當的定義圓較困難的情況下，對於現行品可將 $20\ \mu\text{m}$ 設定為定義圓的半徑的標準。又，隨著今後的電極的細線化進展，縮小定義圓的半徑的話可獲得適當的評價。即使在這個情況下，仍然使圓不與其他的台面端相接。

【0134】本發明的實施型態中，構成 p 電極的 p 型電極構造中的第一金屬層及導電層形成於台面部全面，關於第二金屬層的形成，會在「台面端的突部」開始的既定範圍內設置第二金屬層

限制領域。第二金屬層限制領域以外的台面端（以下也成為「第二金屬層容許領域」）能夠形成第二金屬層，但並不一定要全部的第二金屬層容許領域都形成第二金屬層。第二金屬層形成於第二金屬層容許領域的至少一部分，能夠獲得導通即可。形成於台面端的突部附近的第二金屬層的外周形狀，可以是矩形，也可以是第 6 圖所示的圓弧形、橢圓形、拋物線形等的形狀。

【0135】又，因為第二金屬層形成的技術上的問題，要形成第二金屬層使台面端與第二金屬層端部一致相當困難，因此第二金屬層端部與台面端之間也可以設置不滿擴散長度 L_s 的 $1/3$ 或不滿 $20\ \mu\text{m}$ 的寬度的留白部。第 6 圖顯示形成寬度 $5\ \mu\text{m}$ 的留白部的例子。

【0136】本發明的實施型態中，不在評價參數為規定值以上的距離「台面端的突部」既定範圍內設置第二金屬層，但如上述，顯示台面端的突出比例的評價參數會跟著台面端的形狀連續地變化。因此，也能夠根據台面端的突出比例來設定台面端至第二金屬層的距離。第 5A 圖中，X 點的評價參數值高（台面端高度地突出），因此可以禁止周邊（例如 $20\ \mu\text{m}$ ）以內形成第二金屬層。然而，Y 點的評價參數低，不容易發生電流集中，可以將 Y 點與第二金屬層之間的距離設定為不滿擴散長度 L_s 的 $1/3$ 或不滿 $20\ \mu\text{m}$ 。

【0137】也就是說，能夠在往 n 電極形成領域突出的比例高的台面端，設定較充分的第二金屬層與台面端之間的距離，在突出比例低的台面端，設定較短的第二金屬層與台面端的距離。例如，可在台面端上的任意點，決定評價參數，根據該結

果評價「突出比例」，設定從該台面端開始的第二金屬層限制領域的寬度。

【0138】也就是說，能夠在評價參數高的台面端中，形成較廣的第二金屬層限制領域，在評價參數低的台面端中，形成比上述定義更窄的第二金屬層限制領域。因此，使用評價參數的絕對值或平方值來定義第二金屬層限制領域的也有效的。

【0139】如第 7A 圖所示，台面端是矩形的端部的情況下，能夠設置第二金屬層，使得在長邊方向上，矩形的頂點至第二金屬層為止的距離長，而矩形的短邊方向的中點至第二金屬層的距離短。到第二金屬層間的距離，在長邊方向上，從頂點過來較長，從中點過來較短，距離連續地變化，越接近中點距離的變化越緩慢。長邊方向上，也可以到最後使台面端與第二金屬層端部一致。

【0140】如第 7B 圖所示，台面端是圓弧或橢圓弧的情況下，在短邊方向上，圓弧（橢圓弧）的頂點到第二金屬層的距離長。能夠設置第二金屬層，使得沿著長邊方向，隨著台面端的圓弧（橢圓狀）代替成直線狀，台面端至第二金屬層之間的距離變短。與第二金屬層之間的距離，從台面端的圓弧的頂點過來較長，從圓弧的兩端過來較短，距離連續地變化，越接近兩端，距離的變化越緩慢。長邊方向上，也可以到最後使台面端與第二金屬層端部一致。

<半導體元件的製造>

【0141】製造包含上述 III 族氮化物半導體元件的構造的晶圓後，藉由研削或研磨透光性基板的下面，能夠減薄透光性基

板的厚度，提升透過率。之後，適當地使用刻劃（scribing）、切片（dicing）、雷射熔斷等的公開的半導體元件分離方法，來製造半導體元件。

【0142】上述說明中，第一金屬層、導電層及第二金屬層依序積層的 p 電極中，顯示了僅調整第二金屬層的形狀的情況的例子，但當然，為了更佳提升性題，本發明的半導體元件也能夠與習知的技術組合使用。

[實施例]

【0143】接著，藉由實施例更詳細說明本發明，但本發明並不限定於這些例子。

[實施例 1]

【0144】形成具有第 1 圖所示的剖面構造的積層半導體層。首先，使用 MOCVD 法在 C 面 AlN 基板（邊長 7mm，厚度 $500\mu\text{m}$ ）上形成摻雜有 $1.0\times 10^{19}[\text{cm}^{-3}]$ 的 Si 的 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{N}$ 層（厚度 $1\mu\text{m}$ ），作為 n 型半導體層。在此 n 型層上，習成具有量子井構造的活性層（井層：厚度 2nm，障壁層：厚度 7nm）。此時，井層及障壁層的組成分別為 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 及 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{N}$ ，障壁層摻雜了 $1.0\times 10^{18}[\text{cm}^{-3}]$ 的 Si。活性層是 3 層井層與 4 層障壁層的積層構造。

【0145】接著，在此活性層上形成摻雜有 $5\times 10^{19}[\text{cm}^{-3}]$ 的 Mg 的 AlN 層（厚度 15nm），作為電子阻擋層。之後，在電子阻擋層上形成摻雜有 $5\times 10^{19}[\text{cm}^{-3}]$ 的 Mg 的 $\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{N}$ 層（厚度 50nm），作為 p 型覆蓋層。最後，在 p 型覆蓋層上形成摻雜有 $2\times 10^{19}[\text{cm}^{-3}]$ 的 Mg 的 GaN 層（厚度 100nm），作為 p 型接觸層。

【0146】接著，在獲得的半導體晶圓在 N_2 中進行 900°C 的熱處理 20 分鐘。之後，藉由光微影及真空蒸鍍在 p 型接觸層的表面形成既定的金屬光罩圖樣後，對沒有形成圖樣的 p 型接觸層表面乾蝕刻直到露出 n 型層，藉此習成第 1C 圖所示的端部帶有圓弧的十字狀的台面構造。

【0147】接著，以光微影形成光阻圖樣於 p 型接觸層上後，藉由真空蒸鍍在沒有形成光阻圖樣的被蝕刻的 n 型層表面上形成 Ti（厚度 20nm）/Al（厚度 200nm）/Au（厚度 5nm）層，光阻剝離後，在 N_2 中進行 810°C 的熱處理 1 分鐘，藉此形成 n 電極。

【0148】同樣地，在 p 型接觸層上形成 Ni（厚度 20nm）/Au（厚度 50nm）層，在氬氣環境下，進行 550°C 的燒結 3 分鐘，藉此形成第一金屬層。

【0149】在第一金屬層上，形成 Ti 層（厚度 500nm），作為導電層。在導電層的 Ti 層上積層 Ti（厚度 20nm）/Ni（厚度 400nm）/Au（厚度 135nm），最為第二金屬層。如第 9A 圖所示，在全部的台面端，使台面端與第二金屬層的外周之間的距離為 $40\ \mu\text{m}$ 。

【0150】將獲得的半導體晶圓切出 $750\ \mu\text{m}$ 的四邊形，作為 III 族氮化物半導體發光元件。此時，導電層的 Ti 層的比阻抗值為 $0.5 \times 10^{-4}\ \Omega\text{cm}$ ，第一金屬層的比阻抗值是 $1.0 \times 10^{-5}\ \Omega\text{cm}$ 。又，獲得的 III 族氮化物半導體發光元件通電時會均一地發光，發光波長在 150mA 通電時是 265nm。

[實施例 2]

【0151】將實施例 1 的導電層從 Ti 層替換為 ITO 層以外，

進行與實施例 1 相同的操作，製作出 III 族氮化物半導體元件。此時，導電層的 ITO 層的比阻抗值為 $4.0 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ ，第一金屬層的比阻抗值是 $1.0 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$ 。又，獲得的 III 族氮化物半導體發光元件通電時會均一地發光，發光波長在 150mA 通電時是 265nm。

[實施例 3]

【0152】將實施例 1 的導電層從 Ti 層替換為 AZO 層以外，進行與實施例 1 相同的操作，製作出 III 族氮化物半導體元件。此時，導電層的 AZO 層的比阻抗值為 $2.3 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ ，第一金屬層的比阻抗值是 $1.0 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$ 。又，獲得的 III 族氮化物半導體發光元件通電時會均一地發光，發光波長在 150mA 通電時是 265nm。

[實施例 4]

【0153】對於實施例 3，如第 9B 圖所示，僅在台面端突出的部分將台面端與第二金屬層的外周之間的距離設定為 $40 \mu \text{ m}$ ，在其他的部分將台面端與第二金屬層的外周之間的距離設定不滿 $20 \mu \text{ m}$ ，除此之外進行與實施例 1 相同的操作，製作出 III 族氮化物半導體元件。此時，導電層的 AZO 層的比阻抗值為 $2.3 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ ，第一金屬層的比阻抗值是 $1.0 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$ 。又，獲得的 III 族氮化物半導體發光元件通電時會均一地發光，發光波長在 150mA 通電時是 265nm。

[比較例]

【0154】對於實施例 1，不設置導電層，在第一金屬層上直接形成第二金屬層，除此之外與實施例 1 相同的方法，製作出

III 族氮化物半導體元件。獲得的 III 族氮化物半導體發光元件通電時台面端附近會發出強光，但其他部分發光較弱，有發光不均的狀況。

[III 族氮化物半導體發光元件的光輸出量測評價]

【0155】以積分球對以上實施例 1～4 及比較例 1 中獲得的 III 族氮化物半導體發光元件的光輸出進行評價。光輸出量測評價全部以 150mA 通電來進行。結果統整於表 1。另外，表 1 中，以比較例 1 製作的 III 族氮化物半導體發光元件的發光效率為 1，顯示其他的半導體發光元件的發光效率相對於此為幾倍的比值（實施例 1～3 的元件的發光效率/比較例 1 的發光效率）。

【0156】表 1

	導電層的材料	導電層的厚度[nm]	距離台面端的距離 [μm]	發光效率比
比較例1	無	-	40	1
實施例1	Ti	500	40	1.01
實施例2	ITO	500	40	1.02
實施例3	AZO	500	40	1.10
實施例4	AZO	500	40※僅突部	1.02

【符號說明】

【0157】

- 11 基板
- 12 n 型層
- 13 活性層
- 14 p 型層

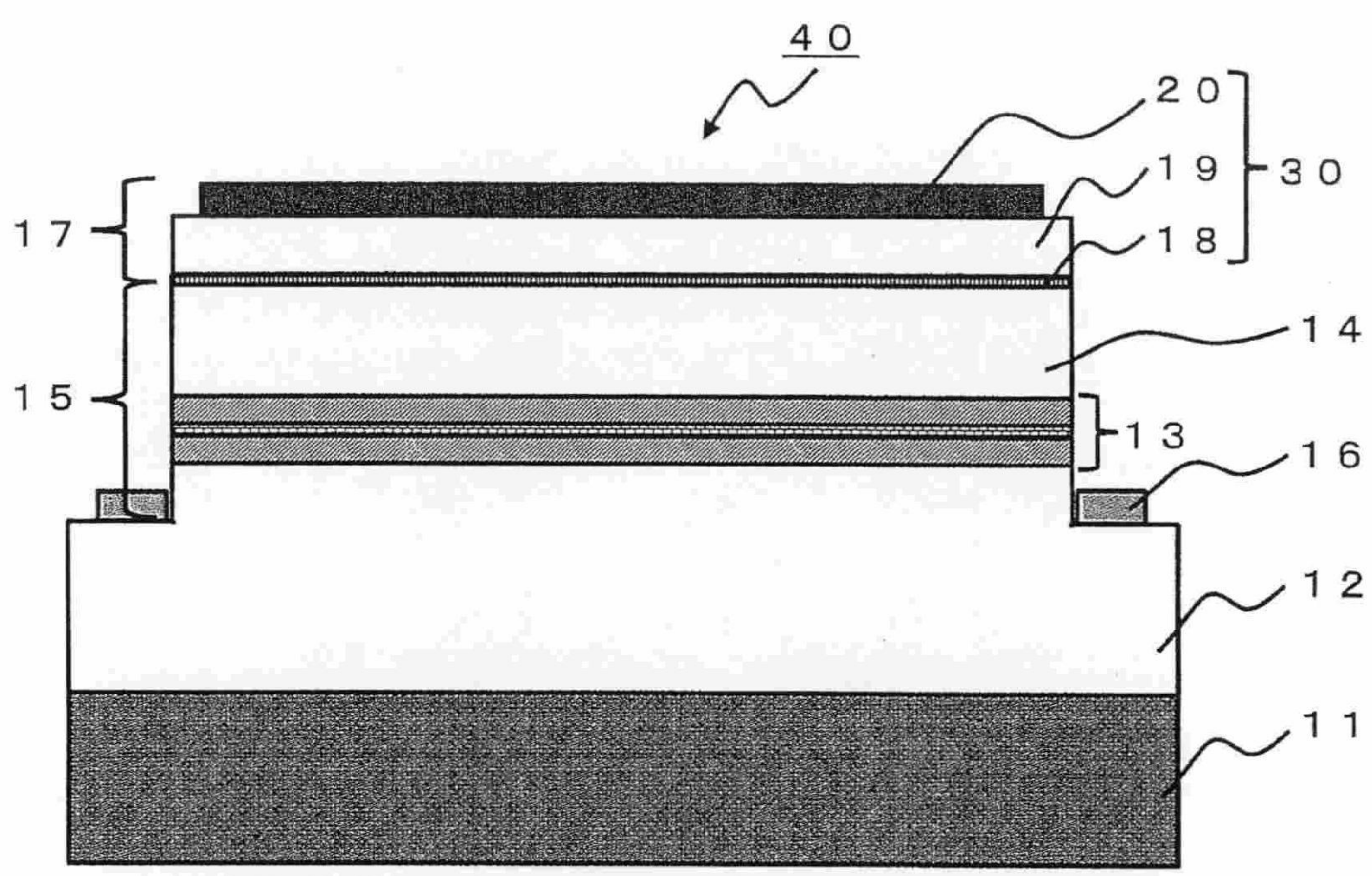
15	台 面 構 造
16	n 電 極
17	p 電 極
18	第 一 金 屬 層
19	導 電 層
20	第 二 金 屬 層
30	p 型 電 極 構 造
40	本 發 明 的 III 族 氮 化 物 半 導 體 (發 光) 元 件
41	傳 統 的 III 族 氮 化 物 半 導 體 (發 光) 元 件

申請專利範圍

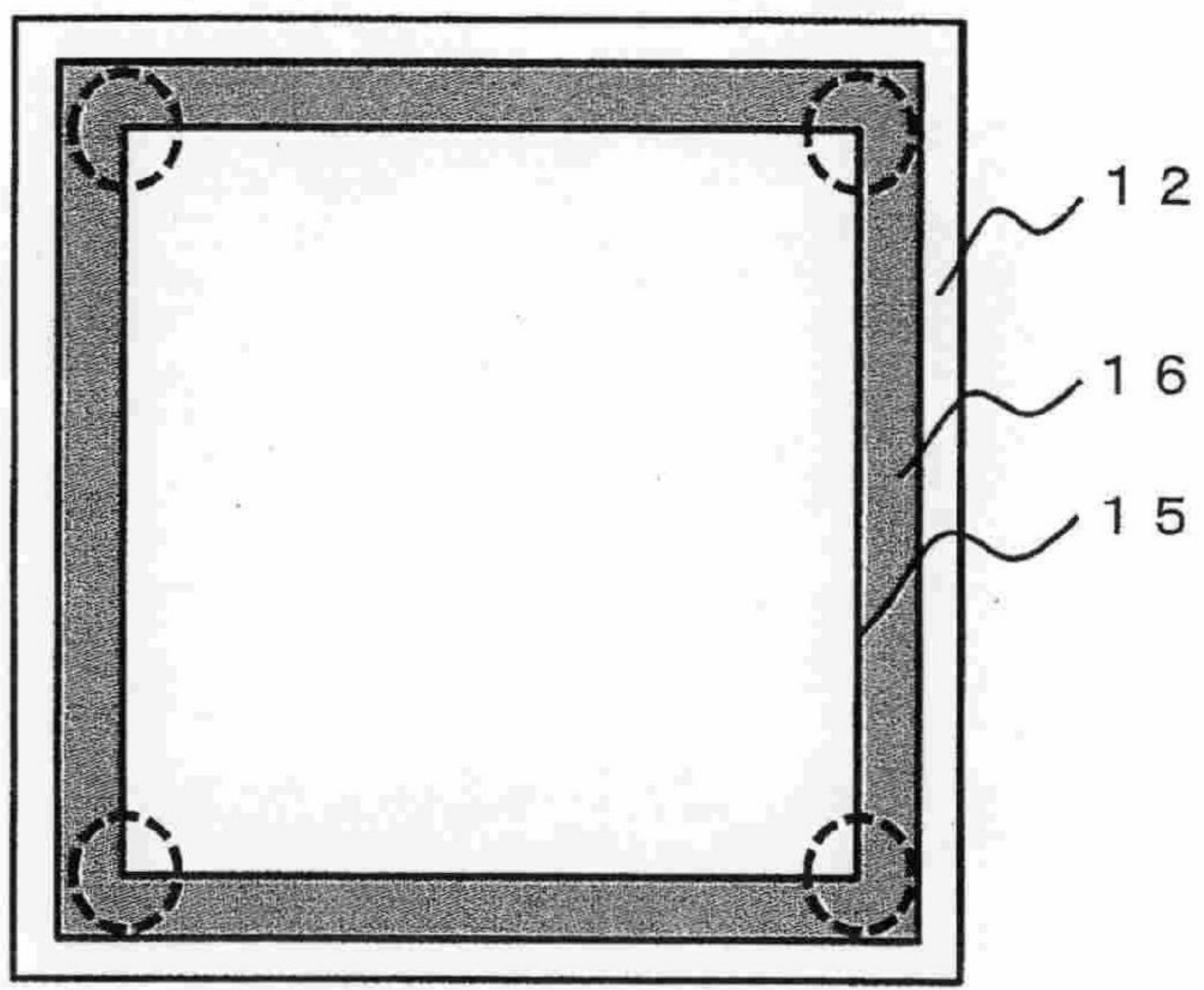
1. 一種 III 族氮化物半導體元件，在 n 型層與 p 型層之間含有活性層，且具有包含該 p 型層的台面構造，包括：
n 電極，形成於該 n 型層上；以及
p 電極，由第一金屬層、導電層及第二金屬層依序積層於該 p 型層上而形成，
其中該第一金屬層形成於該 p 型層的全面，該導電層形成於該第一金屬層的全面，該 III 族氮化物半導體元件的上視圖中，該第二金屬層的外周與該台面構造的端部之間的距離在擴散長度 L_s 的 $1/3$ 以上，該導電層的比阻抗比該第一金屬層的比阻抗高。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之 III 族氮化物半導體元件，其中該導電層的厚度在 $0.05\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下，該導電層的比阻抗在 $0.1\times 10^{-4}\sim 1.0\times 10^{-2}\ \Omega\ \text{cm}$ 。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之 III 族氮化物半導體元件，其中該第一金屬層是與該 p 型層歐姆接觸的層，並且是由單一或 2 種以上的金屬所構成。
4. 如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之 III 族氮化物半導體元件，其中該 III 族氮化物半導體元件的上視圖中，台面端與該第二金屬層的外周之間的距離在 $20\ \mu\text{m}$ 以上。
5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之 III 族氮化物半導體元件，其中該 III 族氮化物半導體元件的上視圖中，台面端的至少突部與該第二金屬層的外周之間的距離在 $20\ \mu\text{m}$ 以上。

6. 如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之 III 族氮化物半導體發光
元件，其中發光峰值波長在 200～350nm。

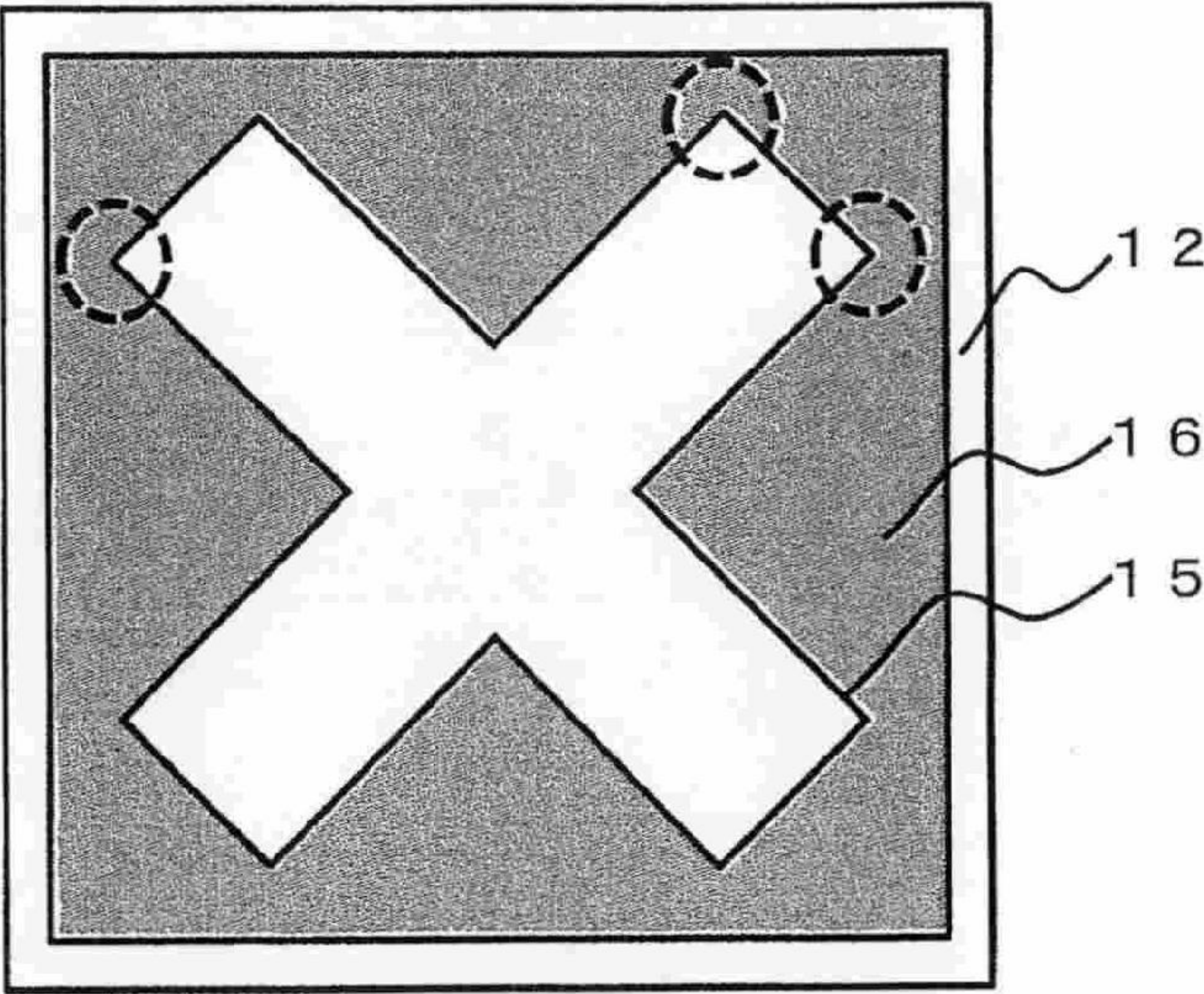
圖式



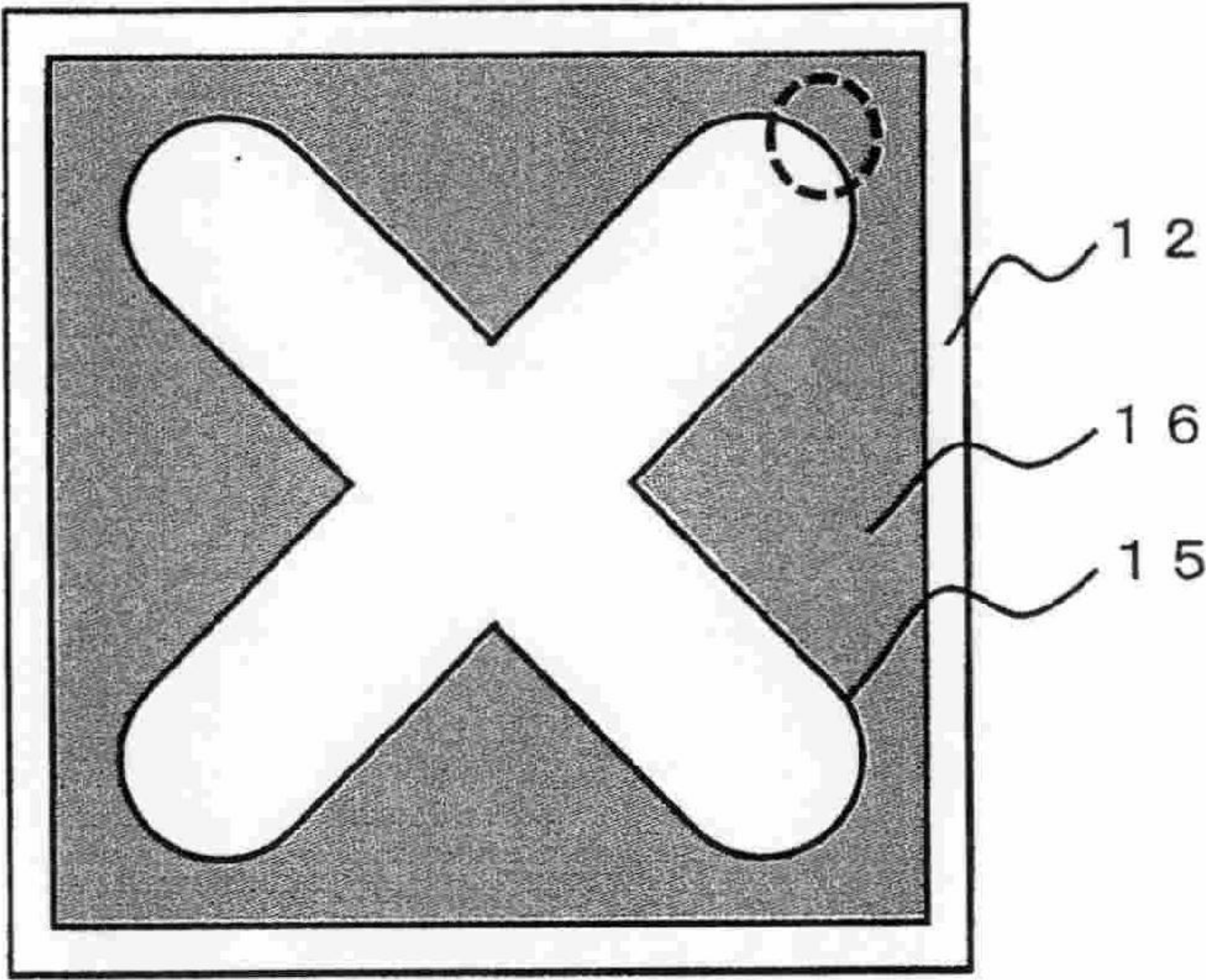
第1圖



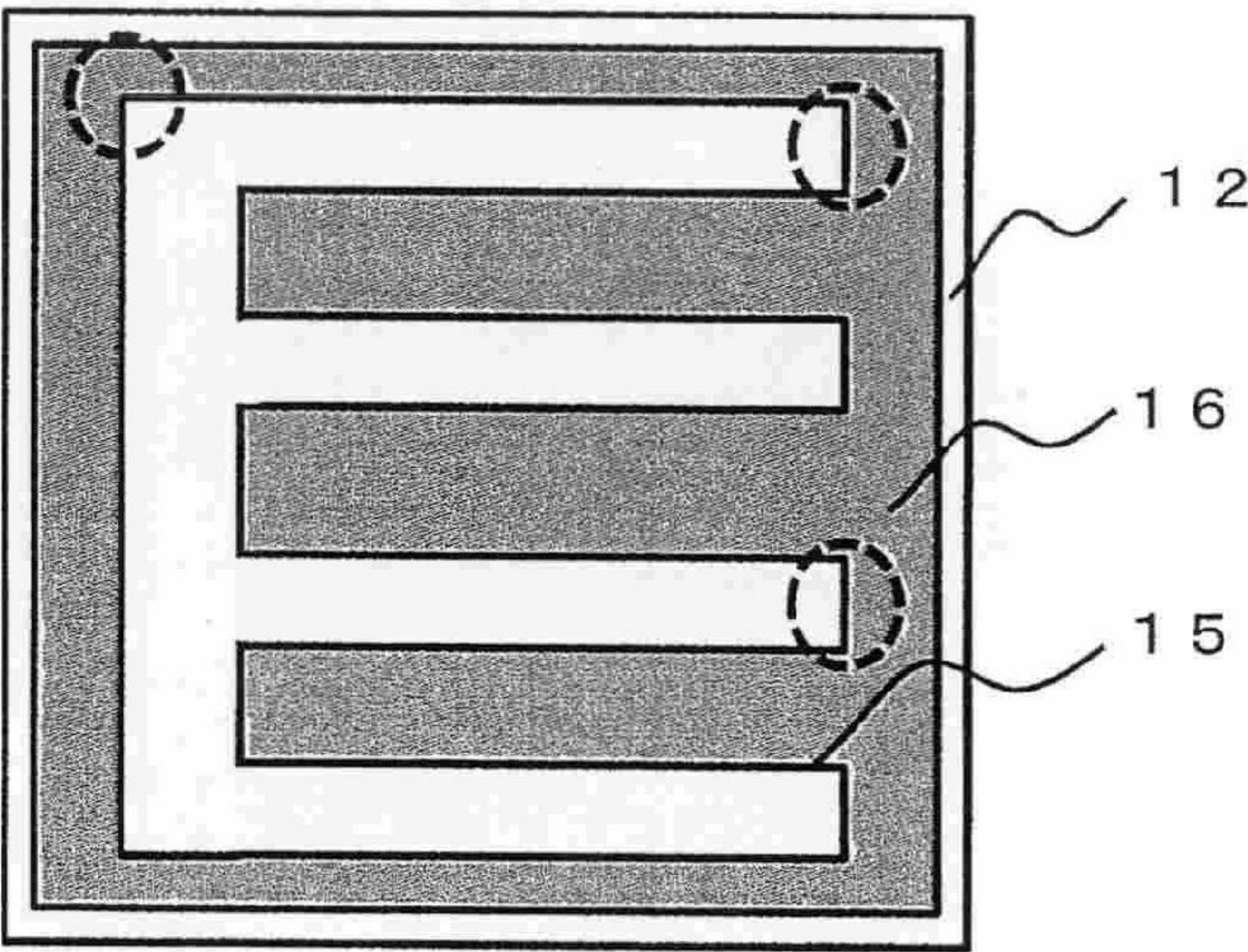
第2A圖



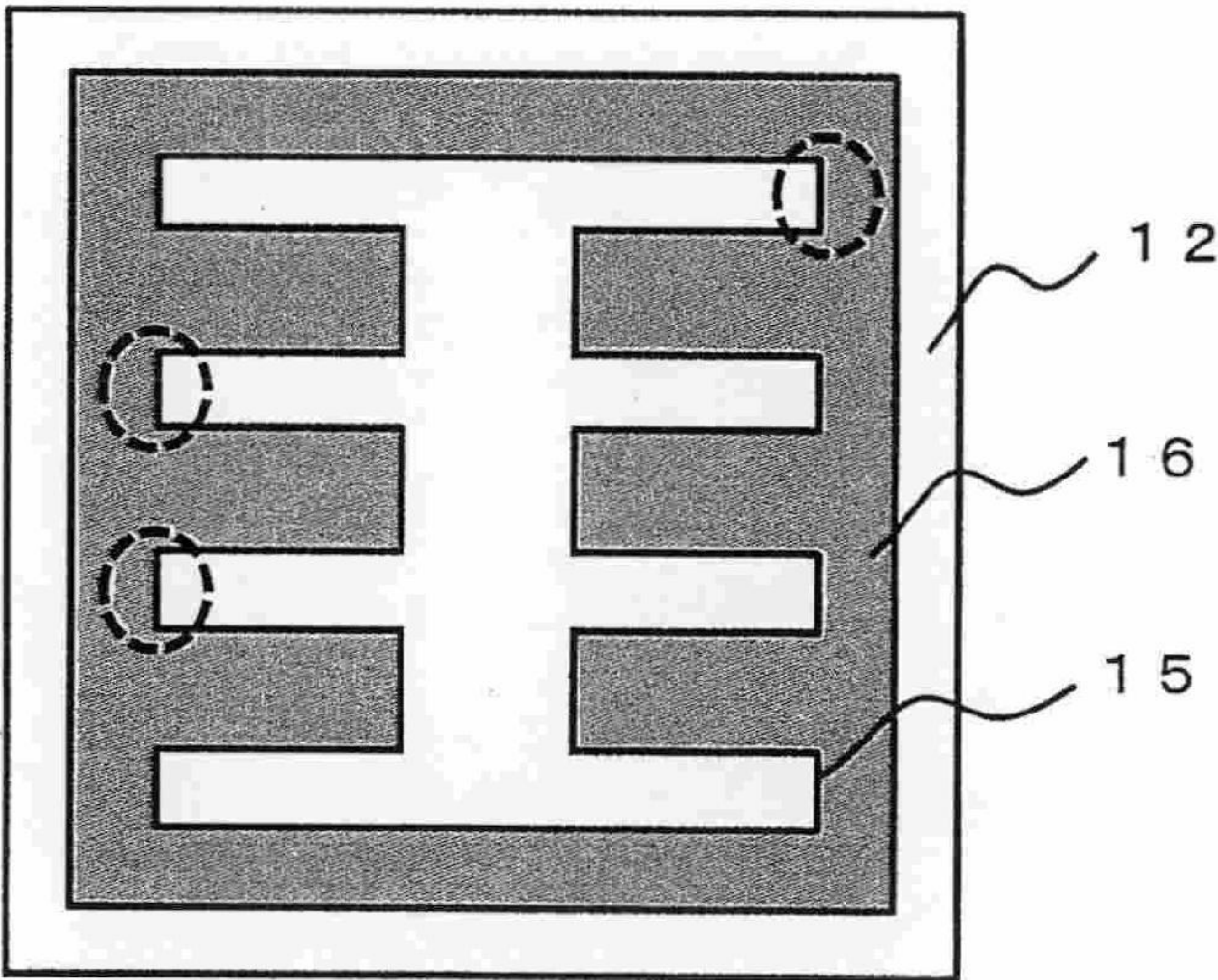
第2B圖



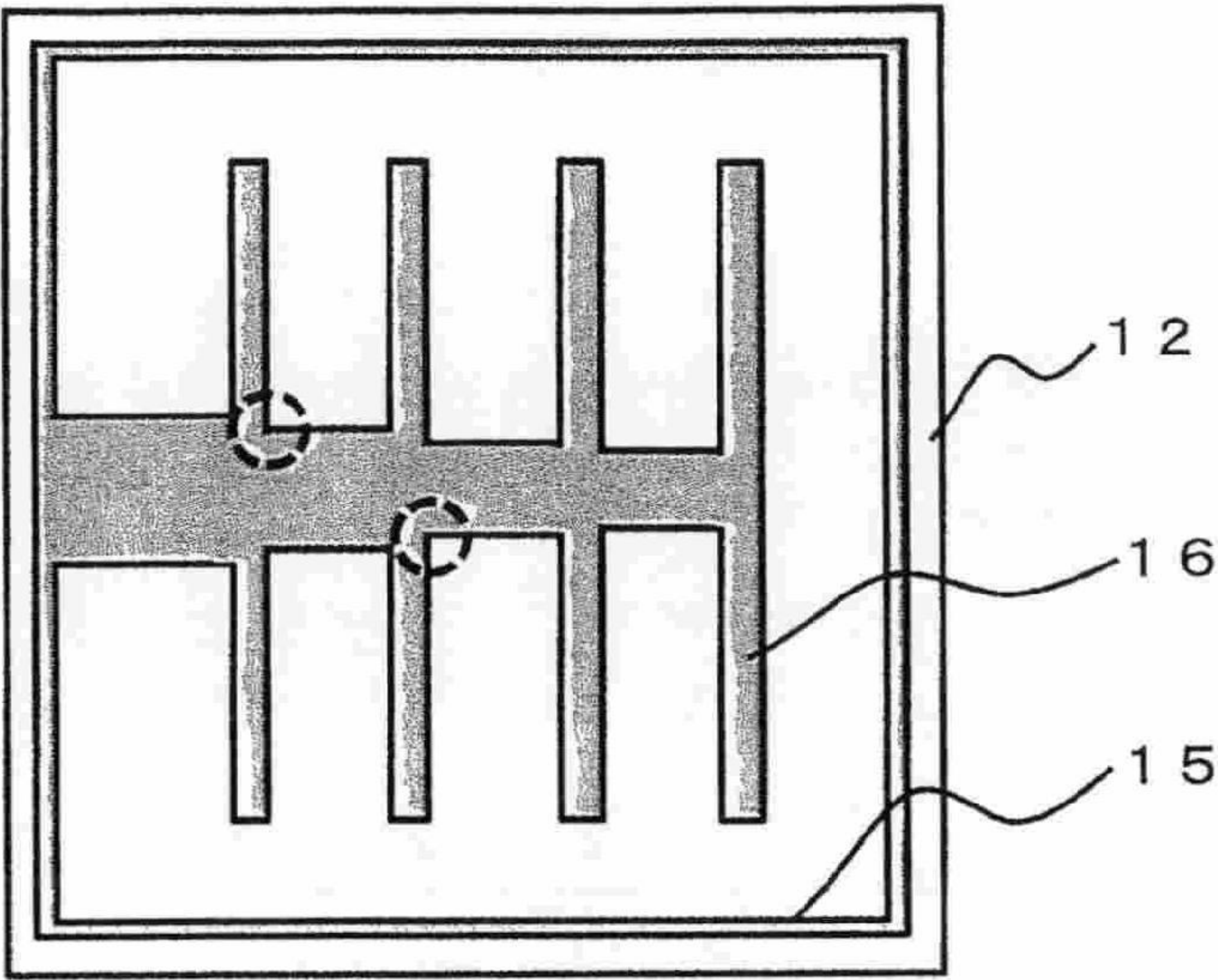
第2C圖



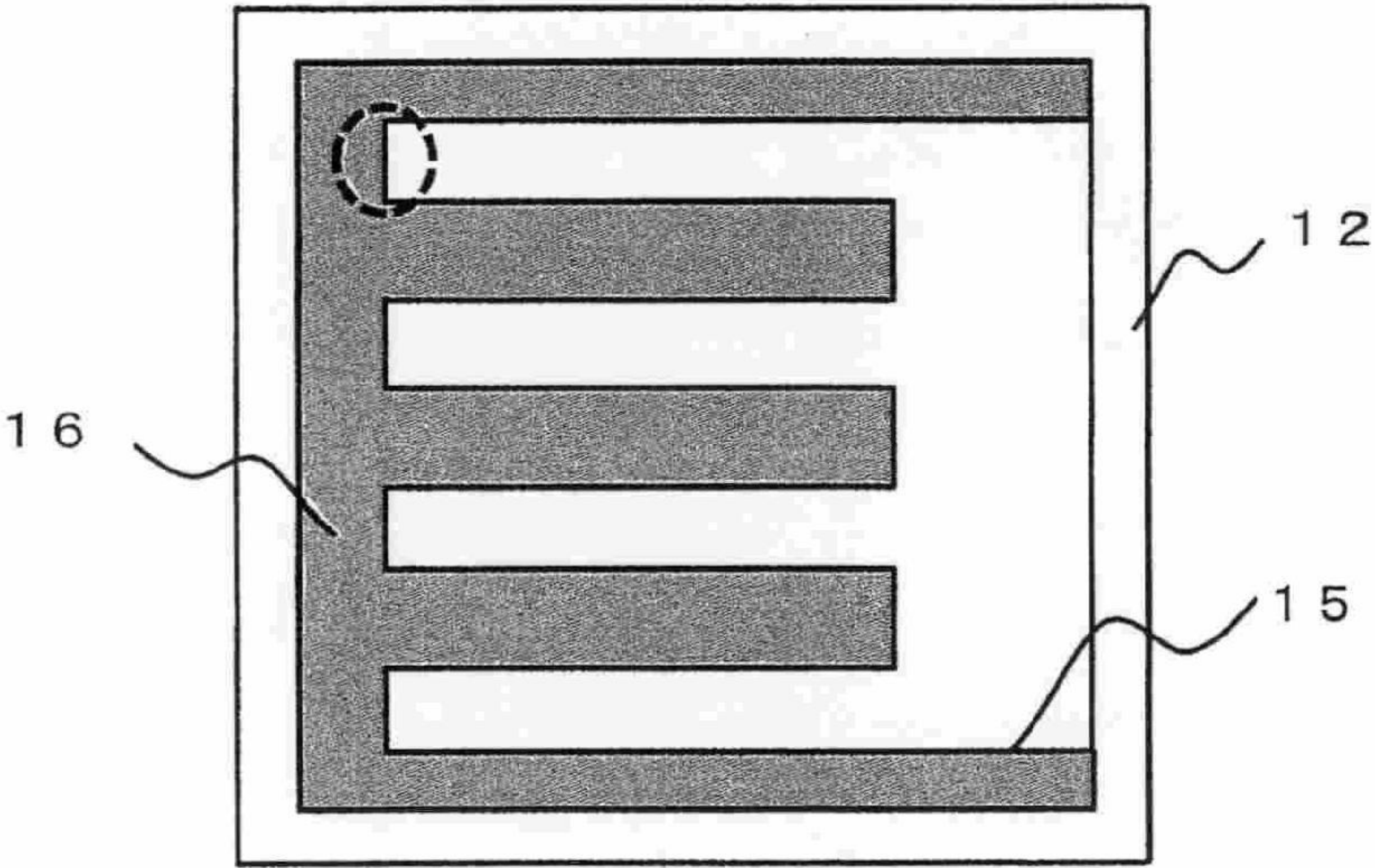
第2D圖



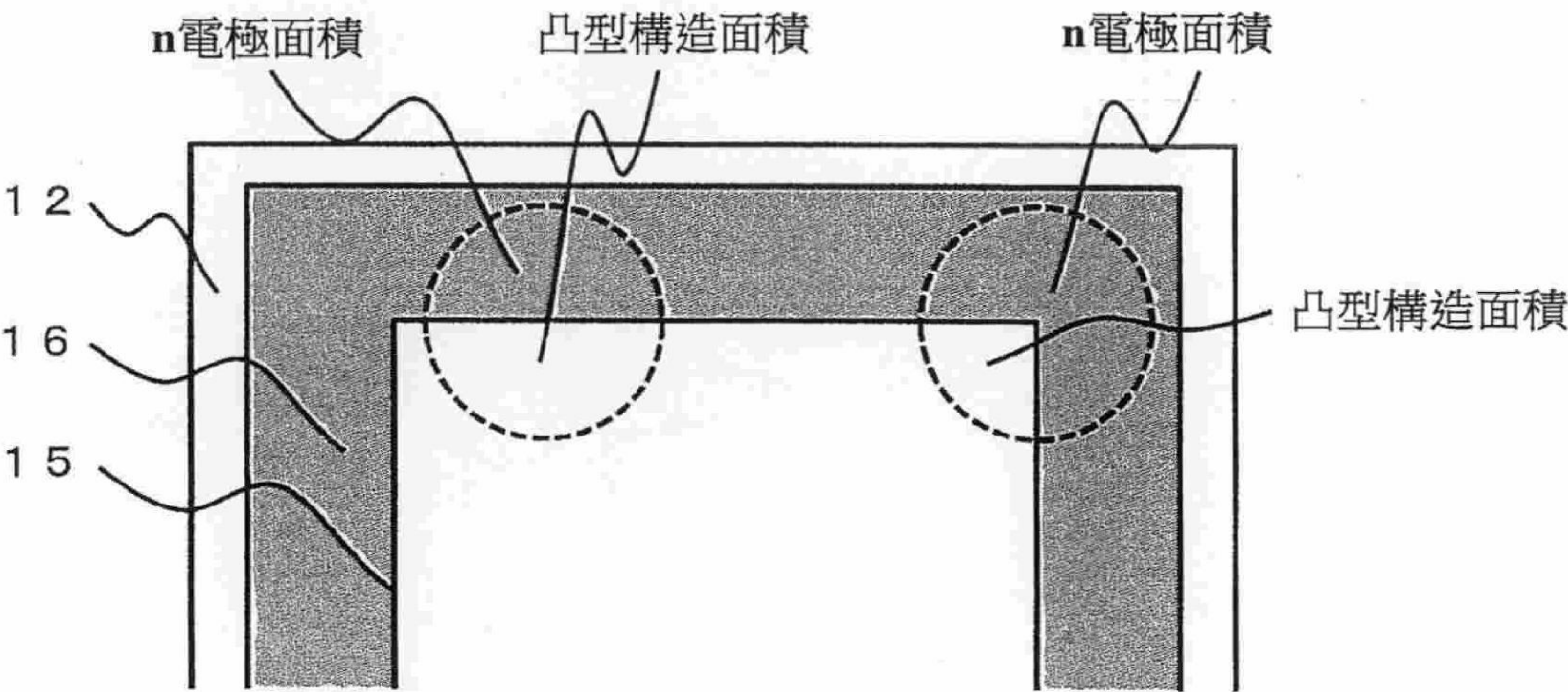
第2E圖



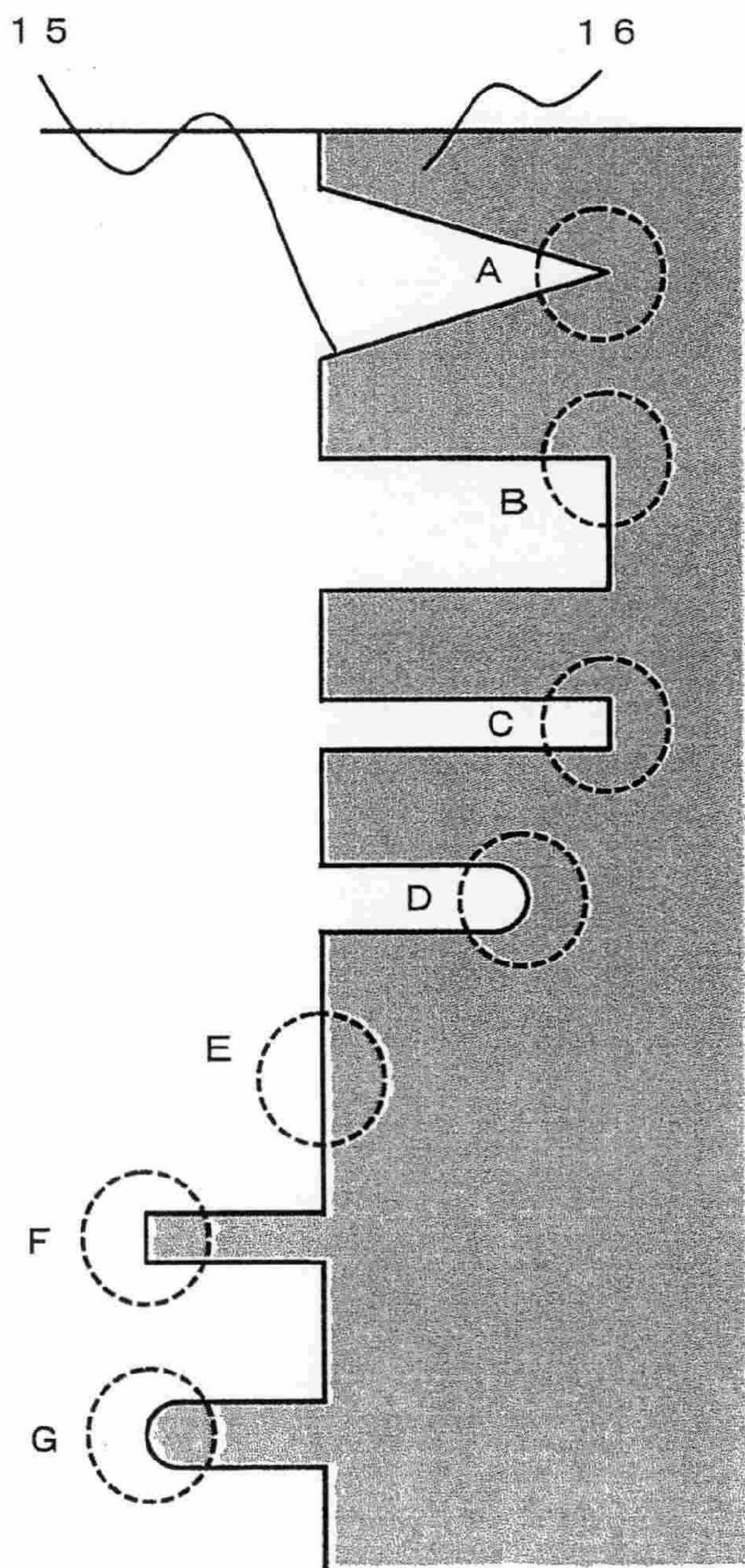
第2F圖



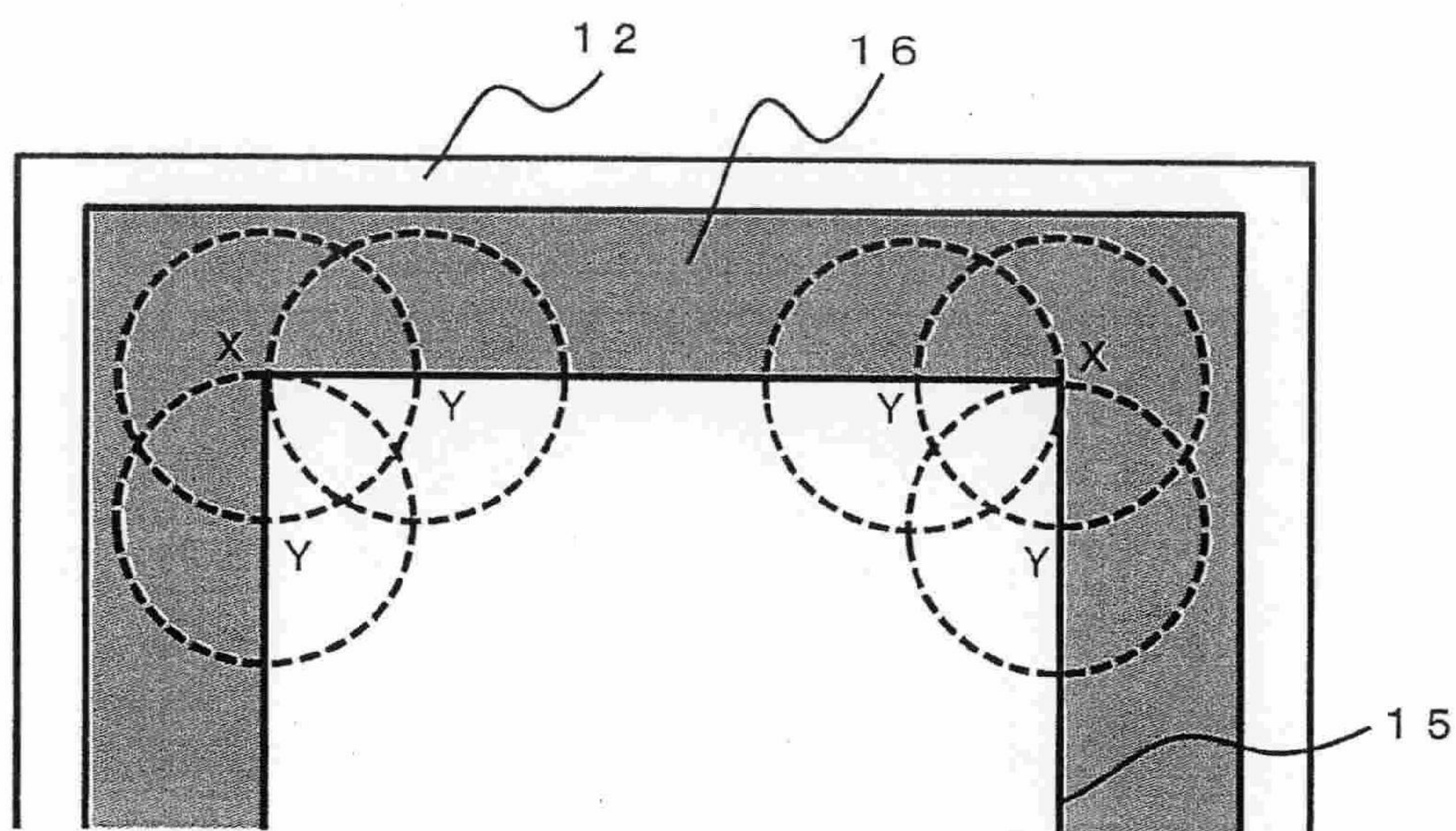
第2G圖



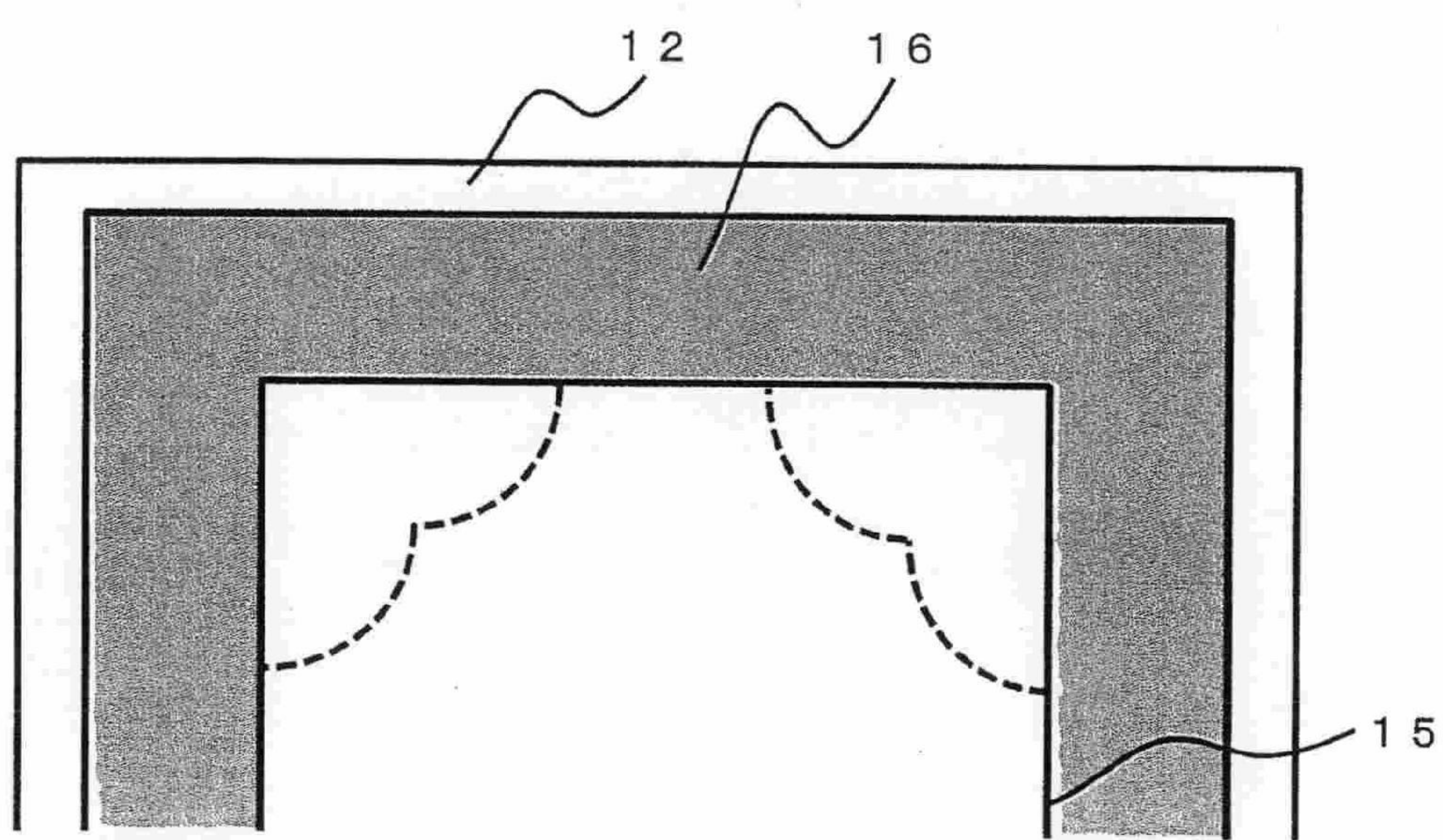
第3圖



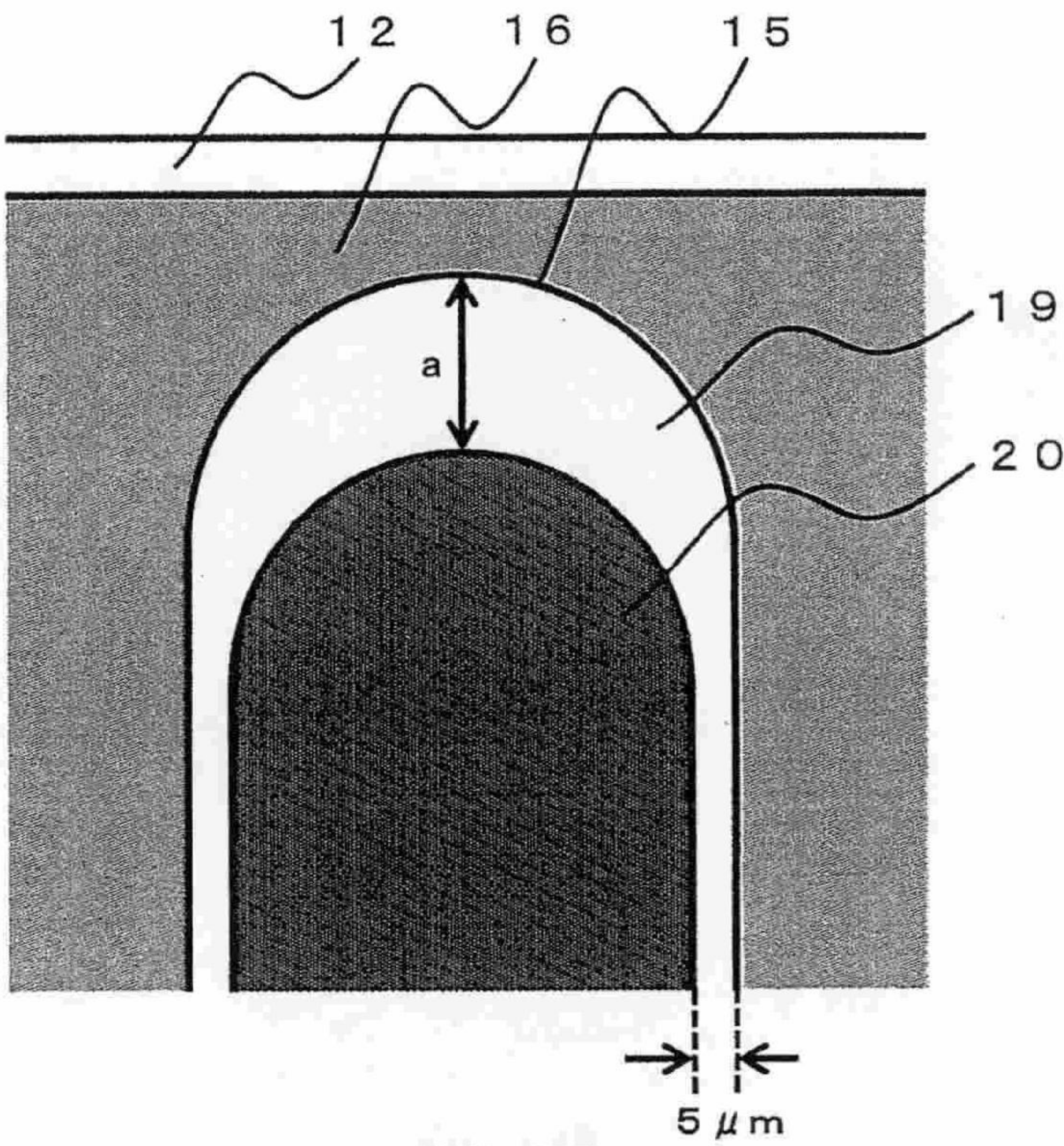
第4圖



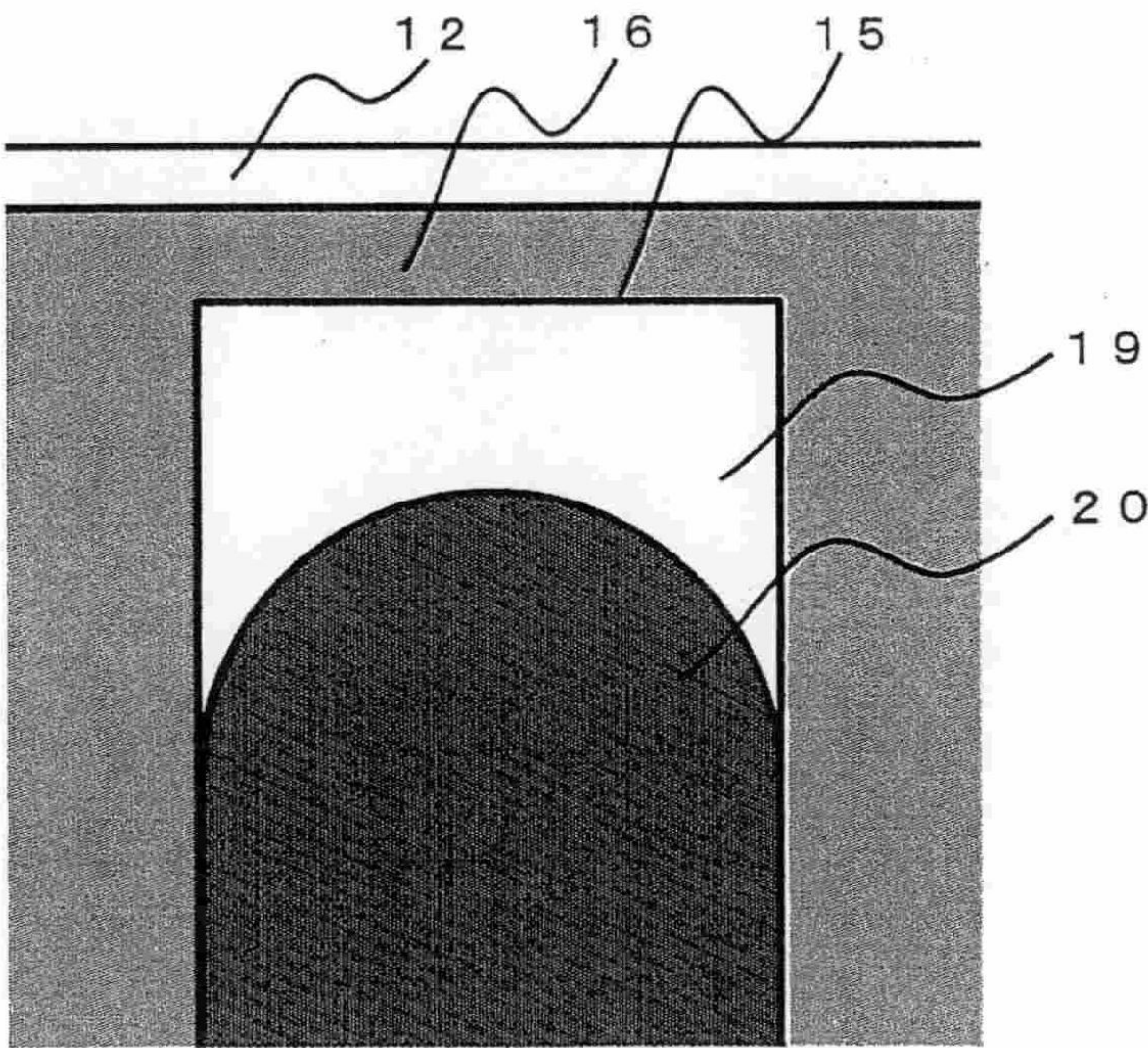
第5A圖



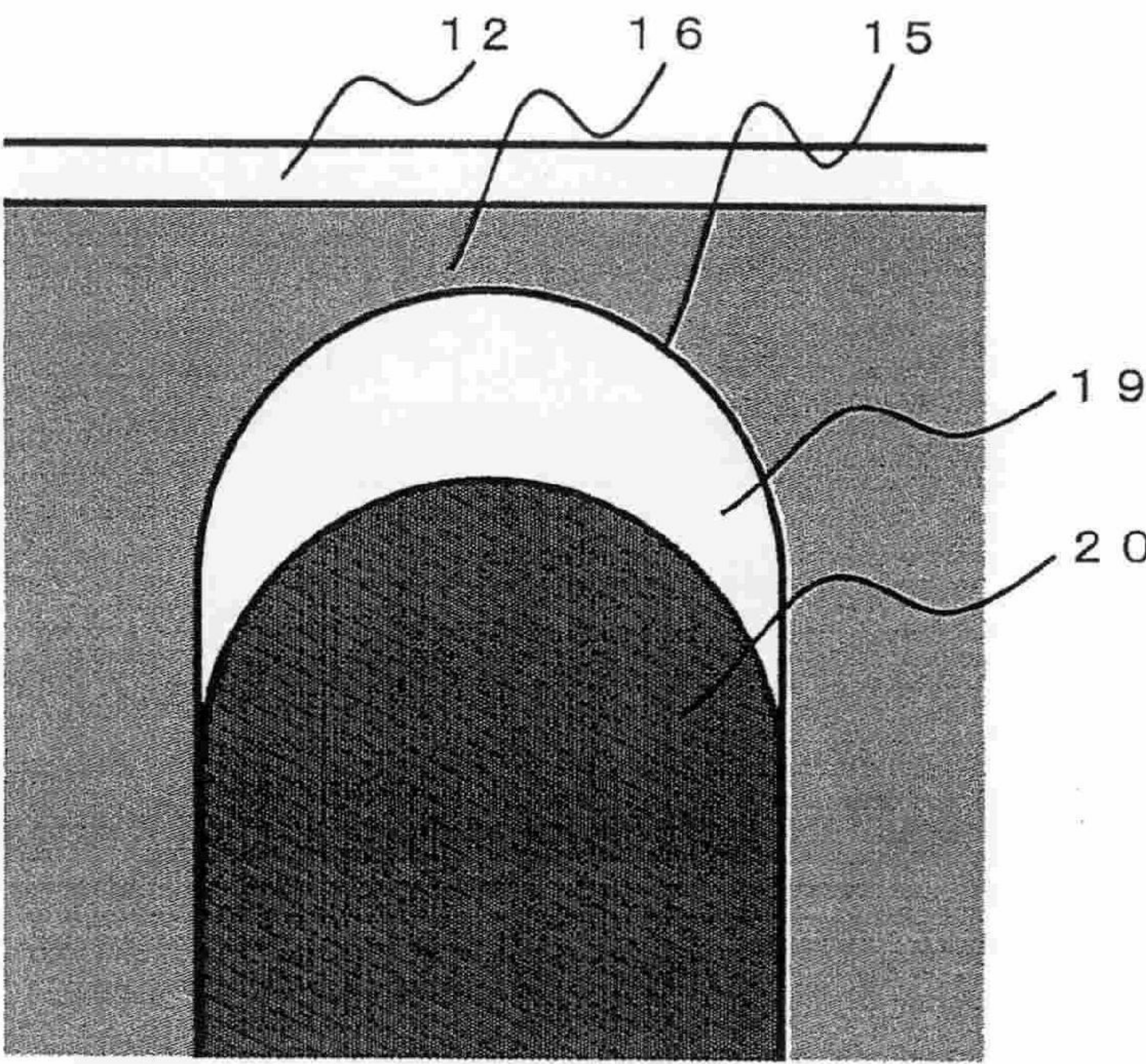
第5B圖



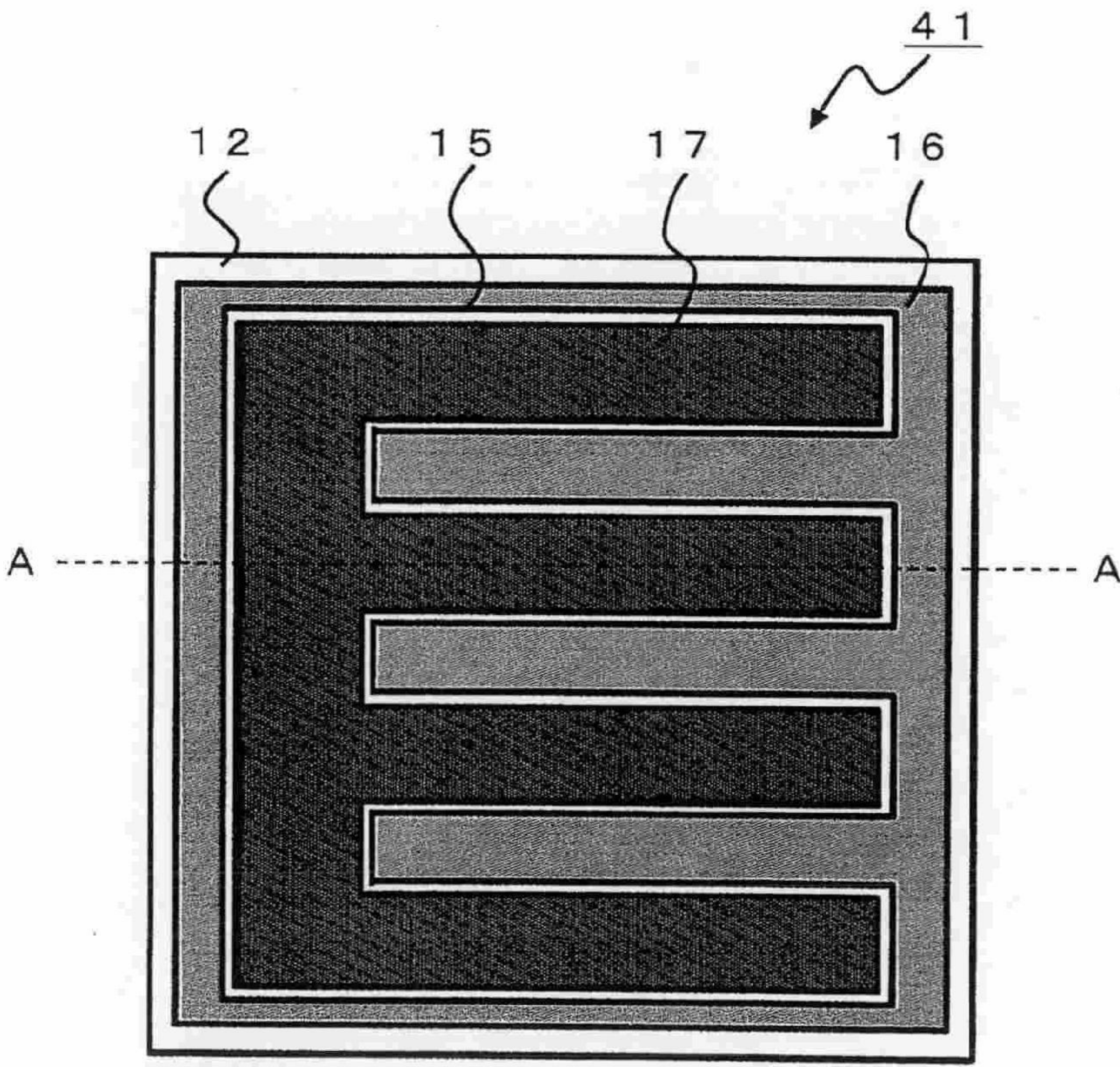
第6圖



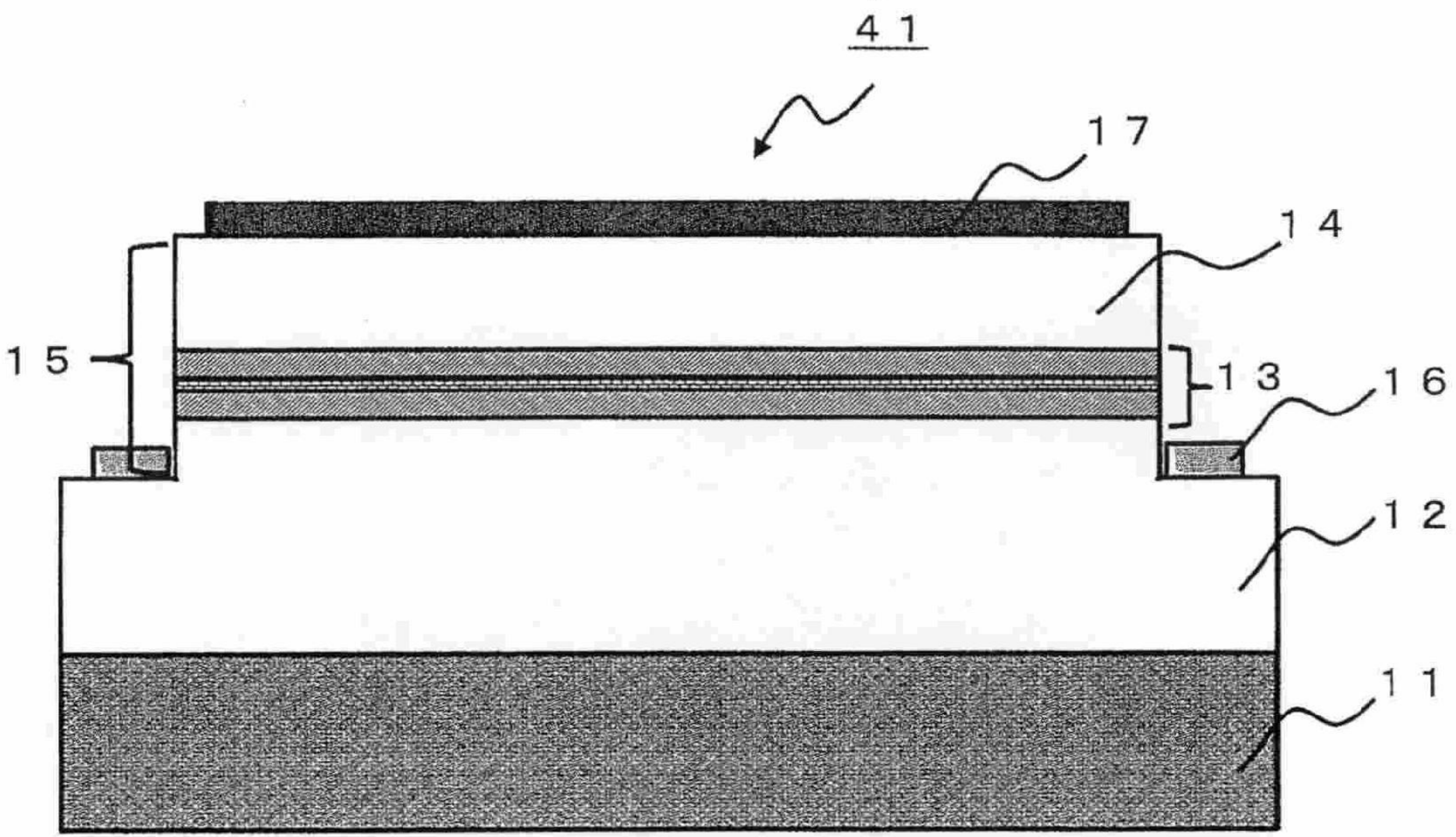
第7A圖



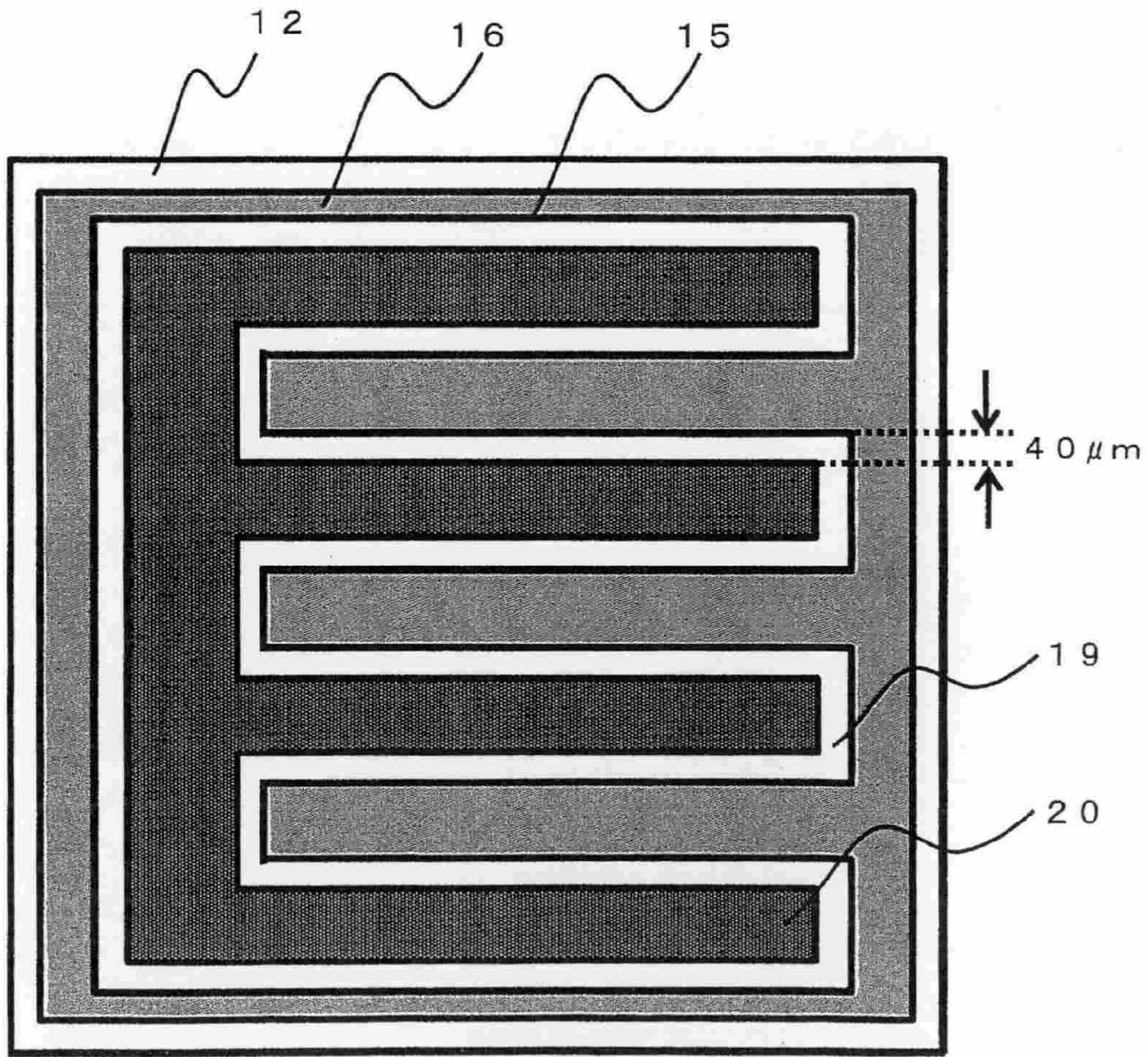
第7B圖



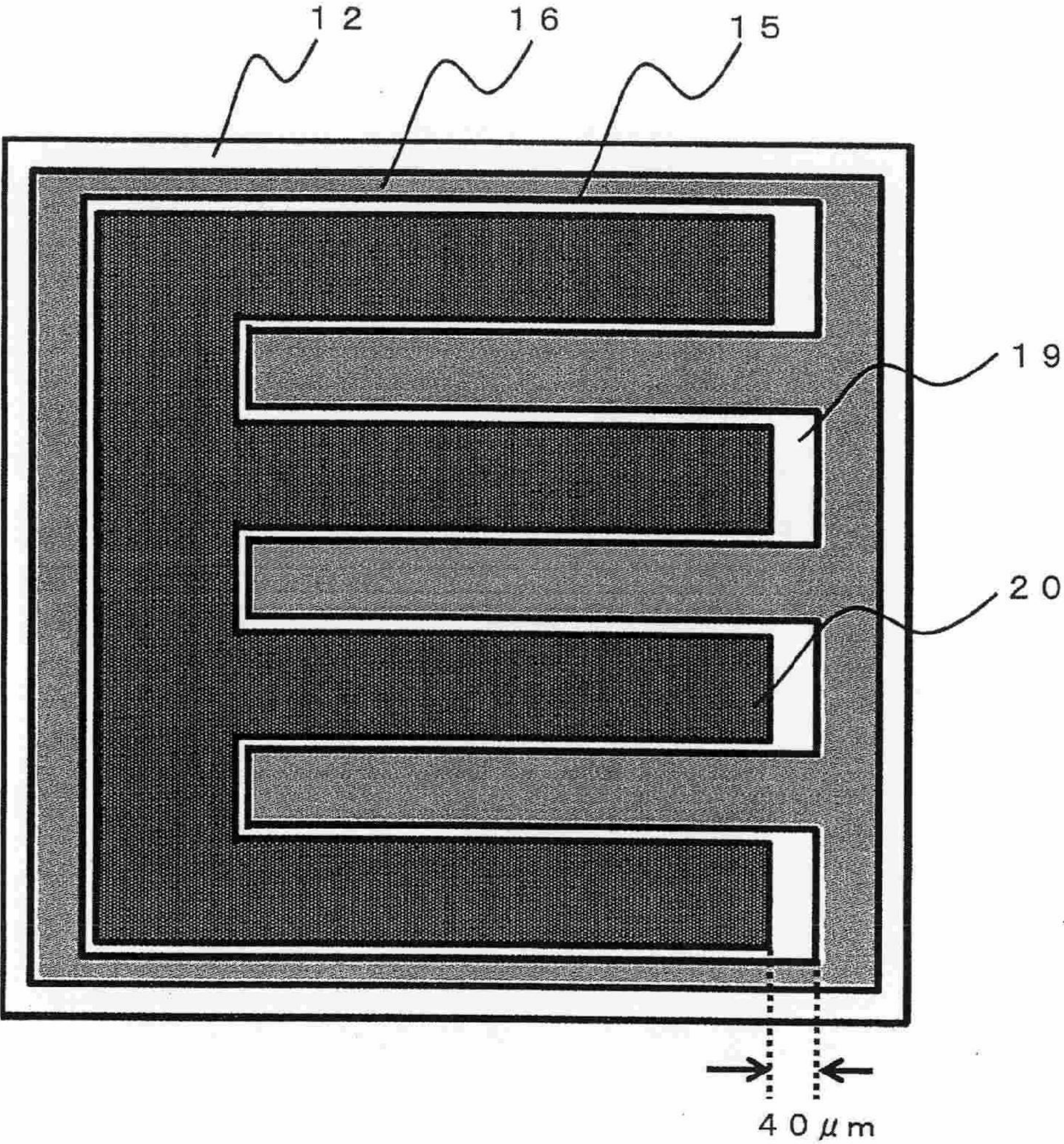
第8A圖



第8B圖



第9A圖



第9B圖